

Pelatihan Bahasa Jawa Figuratif untuk meningkatkan kompetensi berbahasa Jawa siswa PERMADANI

¹Alfiah*, ¹Bambang Sulanjari, ²Suyitno, ¹Arif Cahya Ardiyanta, ¹Nafisa Arum Pramesti

¹Program Studi Pendidikan Bahasa dan Sastra Daerah, Universitas Persatuan Guru Republik Indonesia Semarang, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Sekolah Dasar, Universitas Persatuan Guru Republik Indonesia Semarang, Indonesia

*Corresponding Author

Jl. l. Gajah Raya No.40, Sambirejo, Kec. Gayamsari,
Kota Semarang, Jawa Tengah 50166
E-mail: alfiah@upgris.ac.id

Received:
21 June 2026

Revised:
20 July 2026

Accepted:
30 August 2026

Published:
12 September 2026

How to cite (APA 7th style): Alfiah, A., Sulanjari, B., Suyitno, S., Ardiyanta, A. C., & Pramesti, N. A. (2026). Pelatihan Bahasa Jawa Figuratif untuk meningkatkan kompetensi berbahasa Jawa siswa PERMADANI. *Community Empowerment Journal*, 4(3), 488-495 <https://doi.org/10.61251/cej.v4i2.438>

Abstrak

Bahasa Jawa sebagai warisan budaya takbenda menghadapi ancaman degradasi serius di kalangan generasi muda perkotaan akibat pergeseran bahasa (language shift). Fenomena ini melemahkan penguasaan unggah-ungguh, basa rinengga, dan bahasa tembang macapat. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan kompetensi berbahasa Jawa di Kota Semarang melalui Pelatihan Bahasa Jawa Figuratif. Metode yang digunakan adalah pendekatan *Communicative Language Teaching* (CLT) dengan teknik ceramah interaktif, *role playing*, latihan tertulis, apresiasi tembang, dan kuis edukatif. Evaluasi menggunakan desain *one-group pretest-posttest* terhadap 40 peserta. Hasil menunjukkan peningkatan rata-rata skor yang signifikan dari 67,78 (pretest) menjadi 83,35 (posttest), atau naik 22,98%. Uji *Wilcoxon signed-rank* dan *paired samples t-test* sama-sama mengonfirmasi peningkatan yang sangat signifikan ($p < 0,001$), dengan ukuran efek sangat besar (Cohen's $d = 2,11$) dan N-Gain ternormalisasi sebesar 0,48 (kategori sedang). Ketuntasan peserta melonjak dari 55,0% menjadi 97,5%. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan komunikatif yang kontekstual efektif diterapkan pada komunitas non-formal untuk mempertahankan dan merevitalisasi kemampuan berbahasa Jawa. Organisasi budaya seperti PERMADANI berperan strategis sebagai ruang pemertahanan bahasa daerah di era globalisasi.

Kata kunci: bahasa Jawa; basa rinengga; pendekatan komunikatif; tembang macapat; unggah-ungguh

Abstract

Javanese as an intangible cultural heritage faces serious degradation threats among urban youth due to language shift. This phenomenon weakens mastery of speech levels (unggah-ungguh), figurative language (basa rinengga), and macapat song poetry. This community service activity aims to improve the Javanese language competence of PERMADANI (Persaudaraan Masyarakat Budaya Nasional Indonesia) in Semarang through Figurative Javanese Language Training. The method employed a *Communicative Language Teaching* (CLT) approach with interactive lectures, role plays, written exercises, tembang appreciation, and educational quizzes. Evaluation used a *one-group pretest-posttest* design



with 40 participants. Results showed a significant mean score increase from 67.78 (pretest) to 83.35 (posttest), a gain of 22.98%. The Wilcoxon signed-rank test and paired samples t-test both confirmed highly significant improvement ($p < 0.001$), with a very large effect size (Cohen's $d = 2.11$) and normalized N-Gain of 0.48 (moderate category). Mastery rate rose from 55.0% to 97.5%. These findings demonstrate that a contextual communicative approach is effectively applied in non-formal community settings to preserve and revitalize Javanese language competence. Cultural organizations like PERMADANI play a strategic role as spaces for regional language preservation in the era of globalization.

Keywords: communicative approach; figurative language; Javanese; macapat; speech levels

PENDAHULUAN

Bahasa Jawa merupakan bahasa Austronesia dengan jumlah penutur terbesar di antara bahasa-bahasa daerah di Indonesia, dengan lebih dari 75 juta penutur asli, terutama di Pulau Jawa. Bahasa ini memiliki kekayaan struktural yang unik, mencakup sistem tingkat tutur (*unggah-ungguh*), ragam bahasa figuratif (*basa rinengga*), dan tradisi tembang macapat yang masing-masing merepresentasikan dimensi sosial, estetis, dan filosofis budaya Jawa. Ketiganya membentuk satu kesatuan kecakapan berbahasa Jawa yang utuh dan bernilai tinggi sebagai warisan budaya takbenda.

Namun, data mutakhir menunjukkan kemunduran signifikan kemampuan berbahasa Jawa, terutama di kalangan generasi muda perkotaan. Noveintine (2024) mendokumentasikan kecenderungan *language shift* dari bahasa Jawa ke bahasa Indonesia di Yogyakarta, dipicu oleh faktor pendidikan, pergaulan, dan teknologi. Maesiyah et al. (2025) menunjukkan bahwa penetrasi media sosial secara signifikan menggerus kesantunan berbahasa Jawa krama. Secara global, UNESCO (Moseley, 2010) menempatkan banyak bahasa daerah di kawasan urban Asia Tenggara dalam kategori rentan secara fungsional. Kemunduran ini membawa dampak luas: erosi identitas budaya, pelemahan kearifan lokal, dan terputusnya transmisi nilai leluhur antargenerasi (Sibarani, 2018).

Kondisi serupa dihadapi oleh PERMADANI (Persaudaraan Masyarakat Budaya Nasional Indonesia) di Kota Semarang, sebuah organisasi kemasyarakatan yang bergerak di bidang pelestarian budaya Jawa. Hasil observasi awal dan wawancara tim pengabdian mengidentifikasi tiga permasalahan utama warga belajar: (a) kesulitan menggunakan tingkat tutur yang tepat sesuai konteks sosial; (b) keterbatasan mengenali dan menggunakan *basa rinengga* dalam komunikasi; dan (c) minimnya apresiasi terhadap bahasa tembang macapat. Temuan ini sejalan dengan berbagai kajian yang mendokumentasikan rendahnya kemampuan berbicara *unggah-ungguh* pada peserta didik (Fatmawati & Wiranti, 2023; Rosyidi & Utami, 2024), serta lemahnya pembiasaan berbahasa Jawa santun di lingkungan keluarga dan sekolah (Natanti et al., 2023).

Permasalahan ini diperparah oleh minimnya program pelatihan bahasa Jawa informal yang praktis dan kontekstual. Pembelajaran formal di sekolah kerap belum memberikan ruang praktik yang memadai (Subiyantoro, 2020; Mujahid et al., 2024), sementara di era Revolusi Industri 5.0 pembelajaran bahasa Jawa menuntut pendekatan yang lebih adaptif terhadap kebutuhan komunitas (Rumita et al., 2025). Di sinilah peran komunitas budaya seperti PERMADANI menjadi strategis sebagai ruang pemertahanan bahasa daerah (Ratulangi & Meage, 2026; Yani, 2025).

Berdasarkan latar belakang tersebut, kegiatan PKM ini merancang Pelatihan Bahasa Jawa Figuratif yang mengintegrasikan tiga modul: *unggah-ungguh*, *basa rinengga*, dan bahasa *tembang macapat* dengan pendekatan *Communicative Language Teaching* (CLT). Tujuan artikel ini adalah melaporkan efektivitas pelatihan tersebut dalam meningkatkan kompetensi berbahasa Jawa warga belajar PERMADANI, diukur melalui analisis kuantitatif *pretest-posttest*. Program

ini berkontribusi dengan menawarkan model pelatihan bahasa Jawa berbasis komunitas yang mengintegrasikan aspek komunikatif, estetis, dan budaya dalam satu rancangan pembelajaran. Selain memberikan bukti empiris mengenai efektivitas pendekatan *Communicative Language Teaching* (CLT) pada pendidikan nonformal, program ini juga menyediakan alternatif strategi pemertahanan bahasa Jawa yang dapat direplikasi oleh komunitas budaya, lembaga pendidikan, maupun organisasi masyarakat lainnya dalam upaya revitalisasi bahasa daerah.

METODE

Kegiatan dilaksanakan dalam tiga tahap: (1) Tahap Persiapan, mencakup koordinasi dengan mitra, penyusunan materi dan modul, pengembangan instrumen evaluasi, dan penyiapan sarana; (2) Tahap Pelaksanaan dalam dua kali pertemuan luring; dan (3) Tahap Evaluasi dan Pelaporan. Peserta adalah warga belajar PERMADANI di Kota Semarang yang berjumlah 40 orang, melebihi target awal 30 peserta (133% dari target jangkauan). Peserta berasal dari rentang usia remaja hingga dewasa, mencerminkan keanggotaan PERMADANI yang bersifat lintas generasi.

Pelatihan Bahasa Jawa Figuratif dilaksanakan secara luring dalam dua kali pertemuan di sekretariat mitra. Pertemuan I berisi orientasi program dan materi unggah-ungguh melalui ceramah interaktif, tanya jawab, dan simulasi percakapan berjenjang. Pertemuan II menyajikan materi basa rinengga dan bahasa tembang macapat melalui latihan tertulis, apresiasi bersama, dan kuis edukatif. Kegiatan diikuti oleh 40 peserta, melampaui target awal 30 peserta. Fasilitator mencatat tingkat keterlibatan peserta yang tinggi, terutama pada sesi simulasi percakapan berjenjang dan apresiasi tembang macapat.

Pendekatan utama adalah *Communicative Language Teaching* (CLT) yang dipadukan dengan metode ceramah interaktif, tanya jawab, *role playing*, simulasi percakapan berjenjang, latihan tertulis, apresiasi tembang, dan kuis edukatif. Tiga materi inti disampaikan oleh narasumber berpengalaman sesuai bidang keahlian masing-masing.

Tabel 1. Materi dan Narasumber Pelatihan Bahasa Jawa Figuratif

No.	Materi	Alokasi	Narasumber
1	Tingkat Tutur (<i>Unggah-ungguh</i>) Bahasa Jawa	4 JP	Alfiah, S.Pd., M.Pd.
2	<i>Basa Rinengga</i> (Bahasa Jawa Figuratif)	4 JP	Drs. Suyitno YP, M.Pd.
3	Bahasa <i>Tembang</i> (<i>Macapat</i>)	4 JP	Dr. Bambang Sulanjari, S.S., M.A.

Efektivitas pelatihan diukur menggunakan desain *one-group pretest-posttest*. Instrumen berupa tes tertulis yang mencakup ketiga materi pelatihan. Data dianalisis secara deskriptif (rata-rata, median, simpangan baku) dan inferensial. Uji normalitas *Shapiro-Wilk* digunakan sebagai uji prasyarat; mengingat sebaran selisih skor tidak normal, signifikansi peningkatan diuji dengan uji *Wilcoxon signed-rank* sebagai uji utama dan dikonfirmasi dengan *paired samples t-test*. Besaran pengaruh dihitung dengan Cohen's *d*, sedangkan tingkat efektivitas pembelajaran dihitung dengan N-Gain ternormalisasi yang dikategorikan menurut Hake (1998): $g \geq 0,7$ (tinggi), $0,3 \leq g < 0,7$ (sedang), $g < 0,3$ (rendah). Ketuntasan belajar ditetapkan dengan KKM 70.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Pengetahuan

Perbandingan statistik deskriptif skor *pretest* dan *posttest* disajikan pada Tabel 2. Secara umum terjadi peningkatan rata-rata skor sebesar 15,57 poin, dari 67,78 menjadi 83,35, setara dengan kenaikan 22,98%. Menariknya, simpangan baku menurun dari 8,55 menjadi 6,31,

mengindikasikan bahwa setelah pelatihan kemampuan peserta menjadi lebih homogen dengan kesenjangan antarpeserta yang menyempit.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Skor Pretest dan Posttest (N = 40)

Statistik	Pretest	Posttest	Selisih
Rata-rata (<i>Mean</i>)	67,78	83,35	+15,57 (22,98%)
Median	70,00	83,00	+13,00
Modus	76	83	-
Simpangan Baku (<i>SD</i>)	8,55	6,31	-2,24
Nilai Minimum	36	66	+30
Nilai Maksimum	80	96	+16

Distribusi skor peserta menunjukkan pergeseran tajam ke kanan setelah pelatihan. Sebelum pelatihan, mayoritas peserta berada pada interval 61-80 (35 dari 40 peserta) dan belum ada yang mencapai interval 81 ke atas. Setelah pelatihan, sebanyak 24 peserta berada pada interval 81-90 dan 8 peserta mencapai 91-100, mengonfirmasi bahwa peningkatan tidak hanya terjadi pada rata-rata melainkan merata pada hampir seluruh peserta.

Uji Hipotesis dan Ukuran Efektivitas

Uji normalitas *Shapiro-Wilk* terhadap selisih skor menunjukkan sebaran yang tidak normal ($W = 0,920$; $p = 0,008$). Uji *Wilcoxon signed-rank* sebagai uji utama menunjukkan hasil yang sangat signifikan (Z dari 0 ranking negatif; $p < 0,001$). Sebagai konfirmasi, *paired samples t-test* juga memberikan hasil yang sangat signifikan, $t(39) = 13,36$; $p < 0,001$, dengan interval kepercayaan 95% selisih rata-rata pada rentang 13,22–17,93 poin (tidak memuat nol). Ringkasan indikator inferensial dan efektivitas disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Uji Inferensial dan Ukuran Efektivitas

Indikator	Nilai	Interpretasi
Uji Wilcoxon signed-rank	$p < 0,001$	Sangat signifikan
Paired samples t-test	$t(39) = 13,36$; $p < 0,001$	Sangat signifikan
IK 95% selisih rata-rata	13,22 – 17,93 poin	Tidak memuat 0
Cohen's d (effect size)	2,11	Sangat besar ($> 0,8$)
N-Gain ternormalisasi	0,48	Sedang / cukup efektif
Peserta mengalami kenaikan	39/40 (97,5%)	Hampir seluruhnya
Ketuntasan KKM 70	55,0% → 97,5%	Meningkat tajam

Nilai Cohen's d sebesar 2,11 (jauh di atas ambang 0,8) mengindikasikan dampak pelatihan yang substansial. N-Gain ternormalisasi sebesar 0,48 berada pada kategori sedang menurut Hake (1998), yang merupakan capaian realistis dan baik untuk intervensi singkat dua pertemuan. Sebaran N-Gain individual menunjukkan 12,5% peserta berkategori tinggi, 75,0% sedang, dan 12,5% rendah. Pola serupa, peningkatan signifikan dengan N-Gain sedang lazim dijumpai pada kegiatan pengabdian berbasis pelatihan (Coletta & Steinert, 2020).

Pembahasan

Peningkatan kemampuan yang signifikan dengan ukuran efek sangat besar menunjukkan bahwa kombinasi pendekatan CLT dengan *role playing*, latihan kontekstual, dan apresiasi tembang merupakan strategi yang tepat untuk komunitas non-formal seperti PERMADANI. Temuan ini menguatkan bukti bahwa model bermain peran mampu mendorong keterampilan berbicara ragam krama (Fatmawati & Wiranti, 2023).



Gambar 1. Peserta Pelatihan Mengerjakan Soal *Pretest*

Pada materi unggah-ungguh, perbaikan skor menjawab persoalan yang banyak terdokumentasi, yakni kesulitan peserta didik dalam memilih register krama yang tepat (Fatmawati & Wiranti, 2023; Rosyidi & Utami, 2024) dan gejala melemahnya kesantunan berbahasa Jawa akibat pergeseran bahasa dan pengaruh media sosial (Noveintine, 2025; Maesiyah et al., 2025). Penguatan basa *rinengga* memperkaya repertoar tuturan figuratif sekaligus memperdalam wawasan kearifan lokal yang merupakan inti identitas budaya Jawa (Sibarani, 2018). Adapun materi tembang macapat tidak sekadar melatih kemampuan metrik, melainkan berfungsi sebagai media pendidikan karakter dan spiritualitas; nilai-nilai keutamaan dalam tembang macapat terbukti relevan untuk pembentukan karakter generasi muda (Ikawati & Sulanjari, 2024).



Gambar 2. Penyampaian Materi *Basa Rinengga* (Bahasa Jawa Figuratif) oleh Dr. Bambang Sulanjari, S.S., M.A.



Gambar 3. Penyampaian Materi Bahasa Tembang (*Macapat*) oleh Dr. Suyitno, M.Pd.

Menyempitnya simpangan baku setelah pelatihan mengindikasikan fungsi pemerataan: peserta dengan kemampuan awal rendah memperoleh manfaat yang besar sehingga kesenjangan kompetensi berkurang. Pada tataran yang lebih luas, kegiatan ini memperlihatkan peran strategis komunitas budaya sebagai ruang pemertahanan bahasa daerah di tengah arus *language shift*,

sejalan dengan gagasan manajemen bahasa berbasis komunitas yang menempatkan organisasi masyarakat sebagai motor pelestarian ([Ratulangi & Meage, 2026](#); [Yani, 2025](#)).

Beberapa keterbatasan perlu dicatat. Pertama, desain *one-group pretest-posttest* tanpa kelompok kontrol membuat peningkatan tidak sepenuhnya dapat diatribusikan murni pada pelatihan, meskipun besarnya efek memperkecil kemungkinan penjelasan alternatif. Kedua, durasi dua pertemuan relatif singkat, sehingga capaian N-Gain berada pada kategori sedang. Ketiga, instrumen tes lebih banyak mengukur pengetahuan kognitif sehingga perlu dilengkapi penilaian unjuk kerja (produktif lisan) pada kegiatan lanjutan.



Gambar 4. Peserta Pelatihan Mengerjakan Soal *Posttest*



Gambar 5. Foto bersama Peserta Pelatihan dan Tim PKM UPGRIS

KESIMPULAN

Pelatihan bahasa Jawa Figuratif bagi warga belajar PERMADANI di Kota Semarang terbukti efektif meningkatkan kompetensi berbahasa Jawa pada aspek *unggah-ungguh*, *basa rinengga*, dan bahasa tembang macapat. Rata-rata skor meningkat dari 67,78 menjadi 83,35 (naik 22,98%), dengan peningkatan yang sangat signifikan secara statistik ($p < 0,001$), ukuran efek sangat besar (Cohen's $d = 2,11$), dan N-Gain sebesar 0,48 (kategori sedang). Sebanyak 97,5% peserta mengalami kenaikan skor dan ketuntasan meningkat dari 55,0% menjadi 97,5%.

Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan komunikatif yang kontekstual efektif diterapkan pada komunitas non-formal untuk mempertahankan dan merevitalisasi kemampuan berbahasa Jawa. Organisasi budaya seperti PERMADANI berperan strategis sebagai simpul pembelajaran bahasa daerah informal yang melengkapi keterbatasan ruang praktik pada pembelajaran formal. Untuk keberlanjutan, direkomendasikan penyerahan modul kepada mitra, pembentukan kelompok belajar bahasa Jawa rutin di PERMADANI, serta pelatihan lanjutan yang lebih panjang dengan penilaian unjuk kerja agar penguasaan bergerak dari kategori sedang menuju tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pengabdian mengucapkan terima kasih kepada Universitas PGRI Semarang yang telah mendanai kegiatan PKM ini, serta kepada PERMADANI Cabang *Sembah Sakalbu* Kota Semarang atas partisipasi aktif dan dukungan penuhnya dalam pelaksanaan kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Coletta, V. P., & Steinert, J. J. (2020). Why normalized gain should continue to be used in analyzing preinstruction and postinstruction scores on concept inventories. *Physical Review Physics Education Research*, 16(1), 010108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010108>
- Fatmawati, Y., & Wiranti, D. A. (2023). Analisis kesulitan keterampilan berbicara unggah-ungguh bahasa Jawa siswa sekolah dasar. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 5(5), 2053–2063. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v5i5.5634>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Ikawati, I., & Sulanjari, B. (2024). Pendidikan karakter dalam tembang macapat Mijil. *Kaloka: Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Daerah*, 3(1), 27–34. <https://doi.org/10.26877/kaloka.v3i1.12480>
- Maesiyah, M., Sasea, S. C., & Raisyabilla, R. O. (2025). Dinamika pergeseran bahasa dalam masyarakat: Pengaruh media sosial terhadap kesantunan berbahasa Jawa krama di Desa Sumbarang Kecamatan Jatinegara Kabupaten Tegal. *DISCOURSE: Indonesian Journal of Social Studies and Education*, 2(2), 133–142. <https://doi.org/10.69875/djosse.v2i2.187>
- Moseley, C. (Ed.). (2010). *Atlas of the world's languages in danger* (3rd ed.). UNESCO Publishing.
- Mujahid, A., Yusuf, M., & Setiawan, A. H. (2024). Eksplorasi kebutuhan media pembelajaran interaktif dalam mempersiapkan siswa untuk memahami bahasa Jawa di sekolah dasar. *JiIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 7(1), 20–27. <https://doi.org/10.54371/jiip.v7i1.3074>
- Natanti, S. E., Pratiwi, I. A., & Fardani, M. A. (2023). Nilai karakter sopan santun dalam pembiasaan berbahasa Jawa anak usia sekolah dasar di lingkungan keluarga. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 9(2), 554–559. <https://doi.org/10.31949/educatio.v9i2.4712>
- Noveintine, D. K. (2024). Javanese language shift to Indonesian among young people in Sleman, Yogyakarta. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 4(2), 464–478. <https://doi.org/10.56799/jim.v4i2.6729>
- Ratulangi, C. R., & Meage, Y. (2026). Strategi manajemen bahasa berbasis komunitas dalam mengatasi pergeseran bahasa Hubla pada masyarakat urban Kurima di Kota Jayapura. *Jurnal Bastra (Bahasa dan Sastra)*, 11(2), 778–786. <https://doi.org/10.36709/bastra.v11i2.2609>
- Rosyidi, Z., & Utami, F. A. M. (2024). Kemampuan berbahasa Jawa krama inggil peserta didik madrasah ibtidaiyah. *Piwulang: Jurnal Pendidikan Bahasa Jawa*, 12(1), 35–47. <https://doi.org/10.15294/j8nvj817>
- Rumita, F. L., Nurhayati, E., & Purwadi. (2025). Eksistensi pembelajaran bahasa Jawa bagi masyarakat Jawa di era Revolusi Industri 5.0. *Sabdasastra: Jurnal Pendidikan Bahasa Jawa*, 9(1), 68–80. <https://doi.org/10.20961/sabpbj.v9i1.97137>
- Sibarani, R. (2018). *Kearifan lokal: Hakikat, peran, dan metode tradisi lisan*. Asosiasi Tradisi Lisan (ATL).
- Subiyantoro, S. (2020). Pembelajaran bahasa Jawa berbasis kearifan lokal: Tantangan dan peluang di era globalisasi. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 37(1), 1–12. <https://doi.org/10.17509/jpp.v37i1>

Yani, N. P., Suradi, A., & Sari, W. A. (2025). Strategi pemertahanan bahasa Jawa pada generasi muda di era globalisasi Desa Talang Sebaris Kecamatan Air Periukan Kabupaten Seluma. *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan Indonesia*, 4(2), 928–937. <https://doi.org/10.31004/jpion.v4i2.504>

AI Disclosure

Generative artificial intelligence (AI) and AI-assisted technologies were used solely to improve the readability and organization of the manuscript. All outputs generated through these tools were carefully reviewed, edited, and validated by the author to ensure accuracy, completeness, and alignment with the study's original content. The author assumes full responsibility and accountability for the integrity of the work, including its analysis, interpretation, and conclusions. AI tools were not used for data generation, data analysis, or as a substitute for scholarly judgment, and are not listed as authors or co-authors of this study.

Conflict of Interest Statement: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2026 Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY\)](#). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.