

Studi Kinerja CSEB melalui Penggantian Sebagian Tanah dengan Jerami Padi

Andrian Kaifan¹, Fauzi A. Gani², Munardy³, Irham⁴, Cut Yusnar⁵

^{1,2,3,4,5} *Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe*

Jln. B. Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

andriankaifan@pnl.ac.id

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan tekan dan daya serap air pada Compressed Stabilized Earth Blocks (CSEB) dengan menggantikan sebagian tanah liat menggunakan jerami padi. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe. Spesimen dibuat dengan variasi campuran terdiri dari 85%, 90%, 93%, 94%, dan 95% tanah liat; 0%, 1%, 2%, 5%, dan 10% jerami padi dengan panjang serat 1 cm, 5 cm, dan 10 cm; 5% pasir; serta 10% semen Portland. Spesimen kemudian mengalami proses perawatan (curing) selama 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tekan berkisar antara 3,312 MPa hingga 3,822 MPa, sedangkan daya serap air berada pada rentang 7,7% hingga 26,17%. Nilai-nilai tersebut dibandingkan dengan standar ASTM C67-03 sebagai acuan. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa penggantian sebagian tanah liat dengan jerami padi memengaruhi karakteristik kekuatan dan penyerapan air pada CSEB.

Kata kunci— jerami padi, CSEB, kekuatan tekan, daya serap air, bata ramah lingkungan.

Abstract— This research aims to evaluate the compressive strength and water absorption properties of Compressed Stabilized Earth Blocks (CSEB) by partially replacing clay with rice straw. The study was conducted in the Soil Mechanics Laboratory of the Civil Engineering Department at Politeknik Negeri Lhokseumawe. Specimens were prepared with mixtures of 85%, 90%, 93%, 94%, and 95% clay; 0%, 1%, 2%, 5%, and 10% rice straw (1 cm, 5 cm, and 10 cm lengths); 5% sand; and 10% Portland Cement. The specimens were cured for 28 days. Results showed compressive strengths ranging from 3.312 MPa to 3.822 MPa and water absorption from 7.7% to 26.17%. The values were benchmarked against ASTM C67-03. The results suggest that partial substitution with rice straw affects both strength and absorption characteristics of CSEB

Keywords— rice straw, CSEB, compressive strength, water absorption, eco-friendly bricks.

I. PENDAHULUAN

Batu bata tanah liat telah menjadi bahan bangunan fundamental selama berabad-abad, terutama karena kekuatan dan kinerja termalnya. Secara tradisional, bata ini diproduksi melalui proses pembakaran pada suhu tinggi yang membutuhkan pembakaran bahan bakar dalam jumlah besar. Meskipun metode ini menjamin daya tahan dan kekuatan, proses tersebut juga menghasilkan emisi karbon dioksida (CO₂) dalam jumlah signifikan, yang merupakan gas rumah kaca penyumbang pemanasan global dan pencemaran udara. Ketergantungan luas terhadap bata bakar, terutama di wilayah berkembang yang sering memiliki regulasi lingkungan yang longgar, memperburuk kekhawatiran mengenai keberlanjutan konstruksi dan dampak ekologis [1], [2].

Seiring dengan pergeseran industri konstruksi global menuju praktik yang lebih ramah lingkungan, bahan bangunan alternatif yang dapat mengurangi emisi karbon semakin mendapat perhatian. Salah satu inovasi tersebut adalah penggunaan Compressed Stabilized Earth Blocks (CSEB), yaitu bata yang diproduksi dengan cara memadatkan campuran tanah, bahan penstabil, dan air tanpa proses pembakaran. Pendekatan ini menghemat energi dan meminimalkan degradasi lingkungan, sekaligus tetap mencapai integritas struktural yang dibutuhkan dalam aplikasi konstruksi. CSEB juga memungkinkan integrasi berbagai jenis limbah, seperti puing konstruksi dan hasil samping pertanian, sehingga mendukung pendekatan ekonomi sirkular [3], [4].

Studi ini mengeksplorasi integrasi jerami padi—sebuah hasil samping pertanian yang melimpah namun kurang dimanfaatkan—ke dalam produksi CSEB. Jerami padi biasanya dibuang atau dibakar setelah panen, yang menyebabkan pencemaran lingkungan dan pemborosan biomassa. Pemanfaatan jerami padi dalam bahan bangunan menawarkan peluang menjanjikan untuk pembangunan

berkelanjutan dengan mengubah limbah menjadi sumber daya. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menilai pengaruh penggantian sebagian tanah liat dengan jerami padi terhadap sifat mekanik (kekuatan tekan) dan sifat fisik (daya serap air) dari CSEB. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan pengetahuan mengenai praktik konstruksi ramah lingkungan serta mendorong penggunaan material lokal berbiaya rendah di wilayah pedesaan atau daerah dengan sumber daya terbatas. Upaya ini sejalan dengan penelitian-penelitian serupa yang telah mengkaji modifikasi gradasi tanah menggunakan material daur ulang seperti beton hancur dan serat organik [5].

Compressed Stabilized Earth Blocks (CSEB) merupakan material konstruksi berbasis tanah yang direkayasa melalui proses pemadatan campuran tanah dan bahan penstabil seperti semen atau kapur. Berbeda dengan bata bakar konvensional, CSEB tidak memerlukan perlakuan suhu tinggi sehingga secara signifikan dapat mengurangi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca. Efektivitas CSEB sebagai bahan bangunan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain komposisi tanah, kadar air, tekanan pemadatan, serta jenis bahan penstabil yang digunakan [6], [7].

Adam dan Agib [6] menekankan pentingnya pemilihan jenis tanah yang sesuai—idealnya merupakan campuran lempung, lanau, dan pasir—untuk menjamin integritas struktural CSEB. Kandungan bahan penstabil, seperti semen Portland atau kapur, juga berperan penting dalam meningkatkan kekuatan tekan serta ketahanan terhadap kelembapan. Penelitian oleh Malkanthi et al. [8] menunjukkan bahwa modifikasi gradasi tanah dengan menggunakan limbah konstruksi daur ulang atau serat alami dapat meningkatkan kinerja dan keberlanjutan CSEB. Pendekatan ini dilakukan dengan mengoptimalkan distribusi partikel tanah liat melalui penambahan beton hancur dan pasir menggunakan kurva gradasi Fuller, sehingga diperoleh peningkatan kekuatan dan kerapatan material serta pengurangan limbah konstruksi.

Jerami padi, yang merupakan residu berserat dari panen padi, muncul sebagai bahan tambahan potensial untuk konstruksi ramah lingkungan. Jerami padi kaya akan silika yang dapat meningkatkan sifat pengikatan pada komposit tanah liat, sementara tekstur berseratnya berpotensi memperbaiki isolasi termal serta ketangguhan blok bangunan. Namun demikian, penggunaan jerami padi juga menimbulkan tantangan, seperti peningkatan daya serap air dan kemungkinan degradasi material seiring waktu. Beberapa studi menunjukkan bahwa penambahan serat organik seperti jerami padi harus dilakukan secara seimbang untuk mengoptimalkan sifat mekanik sambil mempertahankan durabilitas jangka panjang [9].

Berbagai penelitian telah mengkaji pemanfaatan jerami padi dalam pembuatan batu bata dan blok bangunan. Putra [9] melakukan studi eksperimental terhadap bata komposit berbasis jerami padi dan melaporkan peningkatan kemudahan pengerjaan (*workability*) serta kekuatan tekan yang memadai pada persentase jerami yang rendah. Penelitian oleh Fuadi et al. [10] terhadap batako dengan campuran jerami padi menunjukkan bahwa meskipun densitas dan kekuatan masih berada dalam batas yang dapat diterima, daya serap air meningkat signifikan seiring bertambahnya kandungan jerami. Temuan-temuan ini menunjukkan adanya kompromi antara kinerja mekanik dan ketahanan material saat serat organik ditambahkan dalam jumlah besar.

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Kaifan, Gani, et al. [11] menegaskan bahwa optimalisasi gradasi tanah melalui teori *particle packing* (misalnya kurva Fuller) serta penentuan kadar bahan penstabil yang tepat dapat secara signifikan meningkatkan performa CSEB. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa pengendalian kadar lanau dan lempung sekitar 20% serta penggunaan semen pada kisaran 8–10% menghasilkan CSEB yang memenuhi standar internasional WD-ARS 1333:2018(E) [12] untuk kerapatan, kekuatan tekan, dan daya serap air.

Secara keseluruhan, meskipun CSEB menawarkan alternatif yang berkelanjutan terhadap bata bakar tradisional, kinerjanya sangat dipengaruhi oleh pemilihan material dan proporsinya. Pemanfaatan jerami padi dalam CSEB merupakan pendekatan yang menjanjikan namun kompleks, yang memerlukan kajian sistematis terhadap pengaruhnya terhadap mutu dan kinerja bata dalam kondisi praktis. Dengan menggabungkan temuan mengenai pemanfaatan limbah konstruksi [11] dan integrasi serat [14], [9], [10], studi ini berupaya mengeksplorasi sinergi antara residu pertanian dan teknologi konstruksi tanah distabilisasi untuk mewujudkan solusi bangunan yang berwawasan lingkungan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sifat kekuatan tekan dan daya serap air pada *Compressed Stabilized Earth Blocks* (CSEB) dengan cara menggantikan sebagian tanah liat menggunakan jerami padi. Kegiatan eksperimental dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan rancangan faktorial, di mana variasi kandungan jerami

padi dan panjang seratnya diuji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja mekanik dan fisik CSEB.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tanah liat yang diperoleh dari Blang Weu Baroh, dipilih karena plastisitasnya yang tinggi dan ketersediaannya secara alami. Jerami padi dikumpulkan dari wilayah Nunang Antara, kemudian dijemur hingga kering dan dipotong secara manual menjadi tiga variasi panjang serat, yaitu 1 cm, 5 cm, dan 10 cm. Semen Portland tipe I digunakan sebagai bahan penstabil, sedangkan pasir sebanyak 5% dari total campuran ditambahkan untuk memperbaiki distribusi ukuran butiran serta mengurangi penyusutan. Air bersih digunakan untuk proses pencampuran.

Komposisi campuran bervariasi dengan kandungan tanah liat antara 85% hingga 95% dan jerami padi antara 0% hingga 10%. Setiap campuran mengandung 10% semen dan 5% pasir. Spesimen dicetak dalam cetakan berbentuk kubus berukuran 15 cm × 15 cm × 15 cm, lalu dipadatkan secara manual menggunakan alat penekan tangan standar. Setelah 24 jam, spesimen dilepaskan dari cetakan dan dikeringkan serta dilakukan proses curing selama 28 hari di tempat teduh dengan penyiraman air secara rutin untuk menjaga kelembapan.

Parameter uji yang dilakukan meliputi uji kuat tekan dan uji daya serap air. Kekuatan tekan diuji menggunakan mesin tekan hidrolik sesuai standar ASTM C67-03, sedangkan daya serap air diuji dengan cara merendam spesimen kering ke dalam air selama 24 jam, kemudian menghitung selisih berat sebelum dan sesudah perendaman. Variabel eksperimental meliputi lima tingkat kandungan jerami padi (0%, 1%, 2%, 5%, dan 10%) serta tiga variasi panjang serat (1 cm, 5 cm, dan 10 cm), menghasilkan total 15 variasi campuran. Untuk setiap variasi, tiga spesimen diuji, sehingga jumlah total sampel yang diuji adalah 45 buah.

Hasil uji kekuatan tekan menunjukkan bahwa nilai kuat tekan blok bervariasi antara 3,312 MPa hingga 3,822 MPa. Kekuatan tertinggi diperoleh pada campuran dengan komposisi 85% tanah liat, 10% jerami padi dengan panjang serat 10 cm, 5% pasir, dan 10% semen. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan jerami padi dalam jumlah sedang dengan panjang serat tertentu dapat meningkatkan ikatan mekanik dan *interlocking* di dalam matriks blok. Namun, peningkatan kandungan jerami atau panjang serat yang melebihi titik optimum menyebabkan penurunan kekuatan tekan akibat meningkatnya jumlah rongga dan menurunnya kohesi internal. Secara umum, seluruh hasil uji kuat tekan pada campuran dengan jerami padi tetap lebih rendah dibandingkan campuran tanpa penggantian sebagian tanah dengan jerami padi.

Daya serap air blok bervariasi antara 7,7% hingga 26,17%. Campuran dengan kandungan jerami rendah dan panjang serat pendek menunjukkan tingkat penyerapan air yang masih dalam batas wajar, sedangkan campuran dengan kandungan jerami 10% memperlihatkan daya serap air yang sangat tinggi, khususnya pada panjang serat 1 cm. Hal ini disebabkan oleh porositas tinggi serta sifat jerami organik yang mudah menyerap air, sehingga meningkatkan kapilaritas dan permeabilitas blok. Berdasarkan standar ASTM C67-03 (2003), batas maksimum daya serap air untuk bata struktural

adalah 17%. Dengan demikian, beberapa variasi campuran dengan kandungan jerami tinggi tidak memenuhi kriteria tersebut, kecuali jika dilakukan perlakuan tambahan seperti pelapisan kedap air atau perlakuan kimia pada serat jerami.

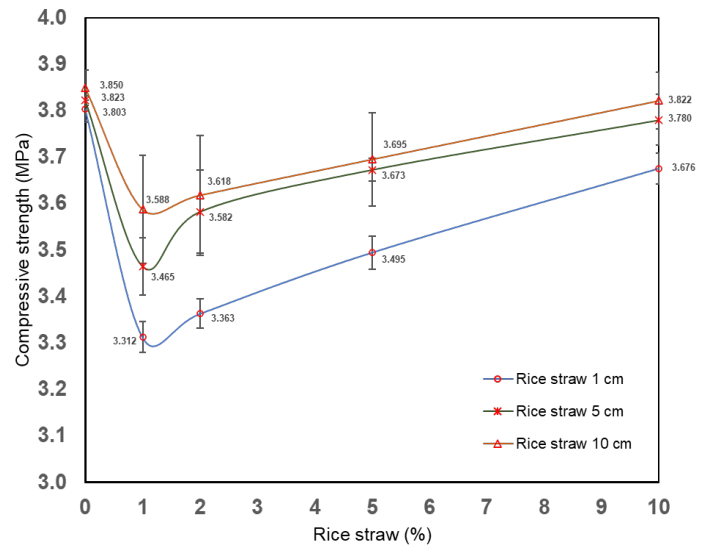
Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun jerami padi dapat memberikan kontribusi positif terhadap sifat mekanik tertentu, penggunaannya harus dikontrol dengan cermat agar tidak menurunkan durabilitas dan kinerja blok dalam jangka panjang. Kombinasi kadar jerami dan panjang serat yang tepat sangat penting untuk menyeimbangkan kekuatan tekan dan ketahanan terhadap penyerapan air, sehingga CSEB yang dihasilkan dapat memenuhi standar teknis sekaligus mendukung prinsip konstruksi berkelanjutan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekuatan tekan CSEB dalam penelitian ini berkisar antara 3,312 MPa hingga 3,822 MPa. Nilai kekuatan maksimum diperoleh pada sampel dengan komposisi 85% tanah liat, 10% jerami padi (panjang serat 10 cm), 5% pasir, dan 10% semen. Hasil uji tekan ini ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian yang dilakukan oleh Kaifan, Gani, et al. (2025) menemukan bahwa blok CSEB dengan kandungan semen 10% mampu mencapai kekuatan tekan sebesar 4,67 MPa, yang memenuhi kriteria Kelas A menurut standar WD-ARS 1333:2018(E). Sementara itu, campuran dengan komposisi 5% semen, 2,5% kapur, dan 2,5% abu sekam padi (RHA) menghasilkan kekuatan tekan 3,87 MPa, yang masuk dalam kategori Kelas B.

Perbedaan antara nilai kekuatan maksimum dalam penelitian ini (3,822 MPa) dan penelitian Kaifan, Gani, et al. kemungkinan disebabkan oleh perbedaan jenis bahan penstabil dan komposisi tanah yang digunakan. Dalam penelitian ini, jerami padi berperan sebagai bahan aditif berserat, sedangkan pada penelitian sebelumnya digunakan kombinasi bahan pozzolan dan kapur (RHA-kapur-semen) yang memiliki sifat pengikatan dan pengisian rongga yang lebih baik. Kedua studi tersebut sepakat bahwa peningkatan kadar semen secara umum dapat meningkatkan kekuatan tekan. Namun, penambahan bahan aditif secara berlebihan—baik jerami padi maupun RHA—dapat menurunkan kinerja mekanik karena menyebabkan peningkatan porositas dan penurunan kohesi internal.

Temuan ini menegaskan pentingnya pengendalian proporsi bahan stabilisasi dan aditif dalam produksi CSEB. Kombinasi yang tepat antara jenis stabilizer, kandungan semen, dan bahan tambahan sangat menentukan kelas mutu blok yang dihasilkan. Pemilihan jenis aditif juga perlu mempertimbangkan interaksi kimia dan fisik antara tanah, semen, serta bahan tambahan agar diperoleh sifat mekanik optimal sesuai standar.



Gambar 1. Grafik hubungan panjang jerami padi dan kuat tekan CSEB

Hasil uji daya serap air semakin menegaskan adanya kompromi (trade-off) antara penggunaan bahan aditif organik dan anorganik dalam produksi CSEB. Tingkat penyerapan air tertinggi tercatat mencapai 26,17% pada sampel dengan kandungan 10% jerami padi, yang jauh melampaui batas maksimum yang ditetapkan oleh ASTM C67-03, yaitu 17%. Sebaliknya, data perbandingan menunjukkan bahwa blok CSEB yang distabilisasi dengan kombinasi semen, kapur, dan abu sekam padi (RHA) memiliki tingkat penyerapan air yang jauh lebih rendah, yaitu antara 9,90% hingga 10,26%, dan masih berada dalam rentang batas standar WD-ARS 1333:2018(E) (8–15% untuk Kelas A–C).

Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan organik seperti jerami padi memang meningkatkan porositas material, tetapi juga secara signifikan meningkatkan kemampuan menyerap air, sehingga berdampak negatif terhadap ketahanan jangka panjang blok. Sebaliknya, bahan penstabil anorganik seperti RHA—ketika digunakan dalam kadar yang moderat ($\leq 2,5\%$)—dapat memberikan keseimbangan yang lebih baik antara kekuatan tekan dan ketahanan terhadap penyerapan air. Hal ini disebabkan sifat pozzolanik RHA yang mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida dari semen, membentuk senyawa ikatan tambahan yang memperbaiki struktur mikro blok.

Temuan ini menegaskan pentingnya pemilihan jenis dan dosis bahan penstabil dalam proses produksi CSEB. Semen tetap menjadi bahan penstabil paling efektif untuk mencapai kekuatan tekan tinggi, namun penggantian sebagian semen dengan kapur dan RHA dapat menjadi alternatif yang lebih berkelanjutan tanpa mengorbankan kinerja secara drastis. Sebaliknya, penambahan bahan organik seperti jerami padi, meskipun dapat meningkatkan porositas dan mengurangi massa jenis, cenderung menyebabkan penyerapan air berlebihan, sehingga tidak sesuai untuk konstruksi yang harus memenuhi standar teknis tertentu.

Data dari kedua sumber tersebut menekankan perlunya optimasi kombinasi bahan penstabil agar mampu memenuhi persyaratan mekanik dan durabilitas, sekaligus mengurangi dampak lingkungan dari produksi material bangunan.

Pendekatan ini sangat relevan untuk pengembangan teknologi CSEB yang tidak hanya kuat dan tahan lama, tetapi juga ramah lingkungan serta cocok diterapkan di wilayah dengan sumber daya terbatas.

IV. KESIMPULAN

Rice straw can partially replace clay in CSEB with varying effects on strength and water absorption. Optimal performance was found at 90% clay, 5% rice straw (1 cm), 5% sand, and 10% cement, yielding acceptable compressive strength but slightly exceeding water absorption standards. Further research is needed on fiber treatment and compaction techniques to enhance performance.

REFERENSI

- [1] Deboucha, S., & Hashim, R. (2011). A review on bricks and stabilized compressed earth blocks. *Scientific Research and Essays*, 6(3), 499–506. <https://doi.org/10.5897/SRE09.356>
- [2] FAO. (1993). Status and Development Issues of the Brick Industry in Asia. *Regional Wood Energy Development Programme in Asia*, 35, 1–73.
- [3] Elahi, T. E., Shahriar, A. R., & Islam, M. S. (2021). Engineering characteristics of compressed earth blocks stabilized with cement and fly ash. *Construction and Building Materials*, 277, 122367. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2021.122367>
- [4] Faria, K. C. P., Gurgel, R. F., & Holanda, J. N. F. (2012). Recycling of sugarcane bagasse ash waste in the production of clay bricks. *Journal of Environmental Management*, 101, 7–12. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2012.01.032>
- [5] Kaifan, A., Munardy, Irham, Miswar, K., & Gani, F. A. (2025a). Pemanfaatan limbah konstruksi untuk memperbaiki gradasi tanah pada produksi Bata Compressed Stabilized Earth Block (CSEB). *Teras Jurnal*, 15(01), 114–123. <https://doi.org/https://doi.org/10.29103/tj.v15i1.1208>
- [6] Adam, E., & Agib, A. (2001). Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan. In Printed by Graphoprint for the United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001282/128236e.pdf>
- [7] Waziri, B. S., Lawan, Z. A., & Mustapha, M. M. (2013). Properties of Compressed Stabilized Earth Blocks (CSEB) for low-cost housing construction: A preliminary investigation. *Internasional Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology*, 4(2), 39–46. <https://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/IJSCET/article/view/659>
- [8] Malkanthi, S. N., Wickramasinghe, W. G. S., & Perera, A. A. D. A. J. (2021). Use of construction waste to modify soil grading for compressed stabilized earth blocks (CSEB) production. *Case Studies in Construction Materials*, 15(July), e00717. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00717>
- [9] Putra, R. (2021). Pemanfaatan jerami padi dalam membuat batu bata komposit. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 9(2), 89–95.
- [10] Fuadi, A., Sulisty, E., & Junaidi, R. (2018). Pengaruh penambahan jerami padi terhadap karakteristik batako. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Lingkungan*, 3(1), 56–61.
- [11] Kaifan, A., Munardy, M., Irham, I., Miswar, K., & Gani, F. A. (2025b). Pemanfaatan limbah konstruksi untuk memperbaiki gradasi tanah pada produksi bata CSEB. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 15(1), 114–123.
- [12] ARSO. (2018). African Standard WD-ARS. 1333, 1–11.
- [13] ASTM C67. (2003). Standard test methods for sampling and testing brick and structural clay tile. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA. ASTM International, i, 67–03.
- [14] Yurnalis, F., Faudli, I., Putra, A. P., & Sriwijaya, P. N. (2024). Beton ringan dengan limbah bata merah sebagai alternatif pengganti agregat. 1(1), 52–57.