

Analisis *Quality Control* Pemeriksaan Glukosa dan Kolesterol Menggunakan Grafik *Levey-Jenning's* di RS. X Yogyakarta

Quality Control Analysis of Glucose and Cholesterol Testing Using Levey-Jenning's Chart At X Hospital Yogyakarta

Veny Rahma Nadisa¹, Aji Bagus Widyantara², Wahid Syamsul Hadi³

¹*Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta; nadisaveny@gmail.com ;

² Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta; bagusliaalbira@gmail.com

³ Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta; dokterwahid@yahoo.co.id.

*(nadisaveny@gmail.com)

ABSTRACT

Clinical laboratory examinations, particularly the measurement of random blood glucose and cholesterol levels, play a crucial role in establishing diagnoses and monitoring the progression of diseases such as diabetes mellitus and dyslipidemia. This study aims to analyze the quality control results of random blood glucose and total cholesterol examinations using the Levey-Jenning's chart at the RSI Laboratory of Hospital X in Yogyakarta City. Therefore, the implementation of Quality Control (QC) through the Levey-Jenning's Graph method and Westgard's rule is an effective approach to ensure the accuracy and precision of laboratory test results. To determine the results of Quality Control of blood glucose and total cholesterol examinations using Levey-Jenning's Graph in the Yogyakarta at X Yogyakarta Hospital Laboratory. Analytic descriptive method with a cross-sectional approach and with Total Sampling technique. The results show good accuracy in the parameters of the examination of temporary blood glucose and cholesterol. While precision is out of the range that has been determined. Evaluation of Levey-jenning's graph and Westgard's rule obtained 1_{2s} dan 1_{3s} . Conclusions on the examination of the parameters of temporary blood glucose and cholesterol have good accuracy. However, the precision on the parameters of the current blood glucose examination was not good in July and August, while the cholesterol parameter had good precision and the evaluation results were exposed to rule 1_{2s} dan 1_{3s} . It is recommended that the laboratory continue to improve quality management through routine calibration, consistent application of SOPs, and regular monitoring of the quality of results.

Keywords: *Quality Control, Blood Glucose, Cholesterol, Levey-Jenning's Chart*

ABSTRAK

Pemeriksaan laboratorium klinik, terutama pengukuran glukosa darah sewaktu dan kadar kolesterol, berperan penting dalam menegakkan diagnosis serta memantau perkembangan penyakit seperti diabetes mellitus dan dislipidemia. penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil pengendalian mutu pemeriksaan glukosa darah sewaktu dan kolesterol total dengan menggunakan grafik *Levey-Jenning's* di Laboratorium RSI Rumah Sakit X Kota Yogyakarta. Oleh karena itu, penerapan *Quality Control* (QC) melalui metode Grafik *Levey-Jenning's* dan aturan *Westgard* merupakan pendekatan yang efektif untuk memastikan keakuratan dan ketepatan hasil pemeriksaan laboratorium. Untuk mengetahui hasil *Quality Control* pemeriksaan glukosa darah dan kolesterol total menggunakan Grafik *Levey-Jenning's* di Laboratorium. Desain penelitian ini adalah Metode deskriptif analitik dengan pendekatan *cross-sectional* dan dengan teknik pengambilan sampel secara *Total Sampling*. Hasil menunjukkan akurasi yang baik pada parameter pemeriksaan glukosa darah sewaktu dan kolesterol. Sedangkan presisi ada yang keluar dari rentang yang telah ditentukan. Evaluasi grafik *Levey-jenning's* dan aturan *Westgard* mendapatkan aturan 1_{2s} dan 1_{3s} . Kesimpulan pada pemeriksaan parameter glukosa darah sewaktu dan kolesterol memiliki akurasi yang baik. Namun presisi pada parameter pemeriksaan glukosa darah sewaktu kurang baik pada bulan juli dan agustus, sedangkan parameter kolesterol memiliki presisi yang baik dan hasil evaluasi terkena aturan 1_{2s} dan 1_{3s} . Disarankan agar laboratorium terus meningkatkan manajemen mutu melalui kalibrasi rutin, penerapan SOP yang konsisten, dan pemantauan kualitas hasil secara berkala.

Kata Kunci: *Quality Control, Glukosa Darah Sewaktu, Kolesterol, Grafik Levey-Jenning's*



PENDAHULUAN

Penyakit tidak menular seperti diabetes melitus dan dislipidemia terus menjadi permasalahan utama dalam sistem kesehatan global. Hal ini disebabkan oleh peningkatan angka kejadian serta dampaknya terhadap kualitas hidup dan risiko komplikasi kardiovaskular. Pemeriksaan laboratorium klinis, terutama pengukuran glukosa darah sewaktu (GDS) dan kadar kolesterol total, memiliki peran sentral dalam mendukung proses diagnosis dan pemantauan perjalanan penyakit ini.¹ Ketidakakuratan dalam hasil pemeriksaan laboratorium dapat menyebabkan kesalahan dalam diagnosis maupun terapi, sehingga pelaksanaan sistem *Quality Control* (QC) yang ketat dan berkelanjutan sangat diperlukan.² Untuk mendeteksi penyimpangan sistematis maupun acak dalam hasil pemeriksaan, metode grafik *Levey-Jenning's* dan aturan *Westgard* menjadi prosedur standar yang banyak diterapkan dalam pengendalian mutu laboratorium.¹ Menurut data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2018, DKI Jakarta mencatat prevalensi tertinggi sebesar 3,4%, disusul Kalimantan Timur dan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) masing-masing sebesar 3,1%. Menariknya, kasus diabetes juga ditemukan pada kelompok usia muda, termasuk anak-anak dan remaja hingga usia 19 tahun.³ Dislipidemia juga menjadi perhatian penting karena sekitar 28–30% penduduk dewasa Indonesia memiliki kadar kolesterol total yang melebihi 200 mg/dL, yang meningkatkan risiko penyakit jantung dan pembuluh darah.⁴

Secara lebih spesifik, di wilayah DIY, Kota Yogyakarta memiliki prevalensi diabetes tertinggi yakni 4,9%, disusul oleh Kabupaten Sleman sebesar 3,3%.³ Jumlah pasien yang mendapatkan layanan kesehatan sesuai standar mengalami peningkatan signifikan dari 7.467 kasus pada tahun 2018 menjadi 13.676 kasus pada tahun 2022. Di laboratorium Rumah Sakit X Kota Yogyakarta sendiri selama bulan Juli, Agustus, dan September 2024 mencapai 5.745 pasien yang melakukan pemeriksaan terkait Diabetes Melitus. Sedangkan, pada pemeriksaan Dislipidemia selama bulan Juli, Agustus, dan September 2024 mencapai 985 pasien. Di sisi lain, jumlah kasus dislipidemia juga mengalami tren peningkatan selama tiga tahun terakhir. Fakta ini menegaskan pentingnya penguatan sistem pemeriksaan laboratorium berbasis data statistik serta penerapan kontrol kualitas yang konsisten dan terpercaya.⁵ Pemeriksaan laboratorium yang dilakukan secara berkala dengan metode terstandarisasi dan tervalidasi sangat penting untuk mendukung pengambilan keputusan klinis yang tepat.⁶

Laboratorium Rumah Sakit X Kota Yogyakarta saat ini hanya menggunakan satu unit alat kimia klinik dalam melakukan pengujian GDS dan kolesterol total. Penggunaan alat tunggal tanpa kontrol mutu yang optimal berpotensi menimbulkan kesalahan analitik.⁷ Risiko penyimpangan hasil meningkat seiring penggunaan alat yang intensif, terutama jika tidak dilakukan kalibrasi yang rutin atau alat mengalami kerusakan.⁸ Oleh karena itu, pengendalian mutu internal (*Internal Quality Control*) perlu dilakukan setiap hari dengan menganalisis hasil melalui grafik *Levey-Jenning's* dan penerapan aturan *multirule Westgard*.¹ Standar maksimum koefisien variasi (CV) yang ditetapkan adalah $\leq 5\%$ untuk glukosa dan $\leq 6\%$ untuk kolesterol.⁵ Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil pengendalian mutu pemeriksaan glukosa darah sewaktu dan kolesterol total dengan menggunakan grafik *Levey-Jenning's* di Laboratorium RSI Rumah Sakit X Kota Yogyakarta selama periode Juli hingga September 2024.

METODE

Metode penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif analitik dengan pendekatan *cross sectional*. Populasi pada penelitian ini adalah data hasil *Quality Control* dari pemeriksaan glukosa darah sewaktu dan kolesterol di Laboratorium Rumah Sakit X Kota Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan semua data hasil *Quality Control* dari pemeriksaan glukosa darah sewaktu dan kolesterol di Laboratorium Rumah Sakit X Kota Yogyakarta pada bulan Juli sampai dengan September 2024. Pada penelitian ini dilakukan analisis data secara statistik menggunakan perhitungan rerata (*mean*), simpangan baku (SD), *Coefficient of variation* (CV), dan bias (*d%*). Grafik *Levey-Jenning's* digunakan untuk menilai kestabilan hasil kontrol, dan aturan *Westgard* digunakan untuk mendeteksi kesalahan sistematis dan acak.

HASIL

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang didapatkan dari laboratorium Rumah Sakit X Kota Yogyakarta pada bulan Juli-September 2024 dengan keseluruhan 174 data pemeriksaan.

Tabel 1. Mean, SD, CV, dan Bias (%)

Glukosa Darah Sewaktu									
Bulan	Mean (mg/dL)	SD (%)	CV (%)	CV Max.	Bias (d%)	Rentang bias (d%)	TE (Total Error)	TEa (CLIA)	True Value (mg/dL)
Juli	86	5,7	6,67	5%	-4,44	±10%	8,89%	±10%	90
Agustus	88	4,7	5,34	5%	-2,22	±10%	8,45%	±10%	90
September	85	2,4	2,78	5%	-5,55	±10%	0,00%	±10%	90
Kolesterol									
Bulan	Mean (mg/dL)	SD (%)	CV (%)	CV Max.	Bias (d%)	Rentang bias (d%)	TE (Total Error)	TEa (CLIA)	True Value (mg/dL)
Juli	240	12,3	5,13	6%	-5,51	±10%	4,74%	±10%	254
Agustus	239	7,9	3,32	6%	-5,90	±10%	0,73%	±10%	254
September	236	10,3	4,34	6%	-7,08	±10%	1,59%	±10%	254

Sumber: Data Sekunder 2024

Tabel 1 menyajikan hasil analisis data, termasuk di dalamnya nilai rerata (*mean*), standar deviasi (SD), *Coefficient of variation* (CV), serta bias (*d%*). Nilai CV menggambarkan tingkat presisi dari suatu pemeriksaan laboratorium. Masing-masing parameter memiliki batas maksimum CV, di mana presisi akan semakin baik jika nilai CV semakin rendah, dan sebaliknya, semakin tinggi CV maka semakin rendah presisinya. Pada parameter glukosa, presisi terbaik terjadi pada bulan September karena nilai CV nya tidak melampaui batas maksimal yang ditetapkan, yaitu 5%. Namun, pada bulan Juli dan Agustus, presisi tergolong rendah meskipun masih berada di bawah batas <5%. Sementara itu, untuk parameter kolesterol, seluruh nilai CV tiap bulan menunjukkan presisi yang baik karena tetap berada di bawah ambang batas maksimum sebesar 6%.

Selain CV, analisis juga mencakup nilai bias (*d%*) yang mencerminkan akurasi suatu pengukuran. Berdasarkan standar, kadar glukosa darah sewaktu dan kolesterol dianggap akurat jika nilai bias berada dalam rentang ±10%. Semakin kecil nilai bias, maka semakin tinggi pula akurasi hasil pemeriksaan. Sebaliknya, akurasi menurun bila nilai bias meningkat. Seluruh nilai bias parameter glukosa dan kolesterol tiap bulan menunjukkan hasil yang baik karena tetap berada dalam batas ±10%. Nilai bias (*d%*) dapat berupa angka positif maupun negatif; nilai positif menunjukkan hasil yang lebih tinggi dari nilai sebenarnya, sedangkan nilai negatif menunjukkan hasil yang lebih rendah. Dengan demikian, semakin mendekati nol nilai bias tersebut, maka semakin tinggi pula tingkat akurasinya.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Aturan Westgard

Glukosa Darah Sewaktu						
Bulan	Kontrol	1 _{2s}	1 _{3s}	R _{4s}	4 _{1s}	10x
Juli	BIO RAD Level 1					
Agustus	BIO RAD Level 1	Hari ke-1 dan 18				
September	BIO RAD Level 1	Hari ke-6 dan 30				
Kolesterol						
Bulan	Kontrol	1 _{2s}	1 _{3s}	R _{4s}	4 _{1s}	10x
Juli	BIO RAD Level 1	Hari ke-10	Hari ke-5			
Agustus	BIO RAD Level 1					
September	BIO RAD Level 1	Hari ke-12	Hari ke-16			

Sumber: Data Sekunder 2024

Data hasil kontrol harian yang didapatkan dari laboratorium Rumah X Kota Yogyakarta kemudian dianalisis menggunakan grafik *Levey-Jenning's* dan aturan *Westgard*. Pada tabel 2 disajikan hasil dari evaluasi aturan *Westgard* yang mana menunjukkan terkena aturan 1_{2s} dan 1_{3s}

PEMBAHASAN

Quality Control di laboratorium Rumah Sakit X Kota Yogyakarta pemeriksaan glukosa darah sewaktu diperiksa dengan menggunakan metode GOD-PAP (*Glucose Oxidase-Peroxidase Aminoantipyrine*), sedangkan kolesterol total dilakukan menggunakan metode enzimatis CHOD-PAP (*Cholesterol Oxidase Para Aminoantipyrine*). Pemeriksaan kedua parameter tersebut dilakukan menggunakan *chemistry analyzer* Pictus 700 Diatron dengan dukungan bahan kontrol komersial BIO-RAD Level 1. Hasil pemeriksaan glukosa darah sewaktu dan kolesterol total menunjukkan akurasi yang memadai, dengan nilai bias tetap berada dalam rentang toleransi $\pm 10\%$ sebagaimana ditetapkan oleh *Clinical Laboratory Improvement Amendments* (CLIA). Nilai bias yang rendah merefleksikan tingkat kesesuaian antara hasil pemeriksaan dan nilai rujukan, mengindikasikan bahwa metode analitik yang digunakan telah berjalan dengan baik.⁷ Akurasi yang tinggi menunjukkan efektivitas sistem laboratorium dalam mengendalikan berbagai variabel sistemik, seperti mutu reagen, kalibrasi instrumen, serta penerapan prosedur analitik sesuai standar.⁹

Ketidakstabilan tampak pada nilai presisi pemeriksaan glukosa darah sewaktu, khususnya pada bulan Juli dan Agustus. Nilai *Coefficient of variation* (CV) yang melebihi ambang batas 5% menandakan adanya gangguan terhadap reproduktibilitas hasil pemeriksaan. Kondisi tersebut tidak tampak pada parameter kolesterol, yang memperlihatkan presisi konsisten selama periode pengamatan, dengan CV selalu berada di bawah ambang batas 6%. Stabilitas ini mengindikasikan bahwa sistem pemeriksaan kolesterol relatif lebih resisten terhadap gangguan teknis dibandingkan glukosa.² Nilai CV yang rendah menunjukkan bahwa metode atau sistem yang digunakan memiliki presisi yang tinggi, sedangkan nilai CV yang tinggi mengindikasikan rendahnya tingkat ketelitian metode tersebut.⁷ Penyimpanan reagen dan kestabilan suhu merupakan faktor pra-analitik penting dalam menjaga akurasi dan presisi hasil QC. Reagen yang disimpan pada suhu 2–8°C umumnya stabil hingga 10–12 hari, namun fluktuasi suhu akibat penyimpanan yang tidak sesuai dapat menyebabkan degradasi dan menurunkan efektivitas reaksi kimia. Stabilitas juga dipengaruhi oleh lama penyimpanan dan komposisi kimia masing-masing produk. Oleh karena itu, pengelolaan suhu dan kondisi alat yang optimal sangat diperlukan untuk menjamin kualitas reagen dan keandalan hasil pemeriksaan.¹⁰

Pemanfaatan grafik *Levey-Jenning's* yang dikombinasikan dengan evaluasi aturan *Westgard* memperkuat analisis terhadap kestabilan proses pemeriksaan. Pelanggaran aturan 1_{2s} pada tanggal 1 Agustus, 18 Agustus, 6 September dan 10 September menunjukkan kemungkinan kesalahan acak yang bersifat sementara dan tidak berpola konsisten.¹¹ Kesalahan acak yang terjadi di Rumah Sakit X Kota Yogyakarta dapat disebabkan dapat oleh pencampuran bahan kontrol yang belum mencair sempurna karena pembekuan. Hal lain seperti fluktuasi suhu, inkonsistensi teknik pipetasi, dan gangguan tegangan listrik sering kali menjadi faktor penyebab.⁵ Meskipun termasuk dalam kategori peringatan, sinyal ini tetap perlu mendapatkan perhatian sebagai bagian dari upaya pencegahan penyimpangan lebih lanjut.

Pada parameter kolesterol, pelanggaran aturan 1_{2s} pada tanggal 10 Juli dan 12 September dan mendapat aturan 1_{3s} pada tanggal 5 Juli dan 16 September. Apabila hasil pemeriksaan berada dalam rentang zona peringatan ($mean \pm 2SD$ hingga $\pm 3SD$), hal tersebut mengindikasikan adanya kemungkinan penyimpangan pada hasil pengujian bahan kontrol. Dalam kondisi ini, diperlukan peninjauan terhadap prosedur pemeriksaan yang digunakan, namun pengulangan pemeriksaan belum menjadi tindakan yang wajib dilakukan.¹ Kejadian seperti ini dapat menjadi indikator awal terhadap ketidakstabilan sistem pemeriksaan dan tidak dapat dikenali hanya dengan melihat rerata (*mean*) dan CV.¹² Grafik *Levey-Jenning's* terbukti menjadi alat deteksi dini yang efektif dalam pemantauan mutu pemeriksaan laboratorium. Implementasi sistem pengendalian mutu internal secara menyeluruh diperlukan untuk menjamin validitas hasil uji laboratorium.^{1,14}

Penerapan sistem manajemen mutu berdasarkan standar ISO 15189 memungkinkan laboratorium melaksanakan proses pengujian secara konsisten melalui kalibrasi berkala, validasi metode, pelatihan teknisi, serta dokumentasi yang akurat dan transparan.⁹ Presisi yang tidak konsisten, meskipun disertai akurasi yang baik, tetap memerlukan perhatian intensif. Rendahnya presisi berpotensi menurunkan kepercayaan terhadap hasil pemeriksaan meskipun nilai hasil mendekati nilai rujukan.¹³ Tindakan korektif yang dilakukan di

laboratorium Rumah Sakit X Kota Yogyakarta meliputi penggantian reagen, bahan kontrol, pengulangan pemeriksaan (running ulang), serta kalibrasi alat. Selain itu, upaya untuk meminimalisir terjadinya kesalahan juga mencakup pelatihan teknis, pemantauan kualitas lingkungan kerja, dan perawatan berkala terhadap alat maupun bahan. Seluruh tindakan tersebut merupakan bagian integral dari sistem pengendalian mutu yang berkelanjutan.^{2,15}

SIMPULAN DAN SARAN

Pemeriksaan glukosa darah sewaktu dan kolesterol di laboratorium Rumah Sakit X Kota Yogyakarta menunjukkan akurasi baik (bias $\pm 10\%$) sesuai standar CLIA. Presisi glukosa kurang baik pada bulan Juli dan Agustus (CV $> 5\%$), sedangkan kolesterol stabil (CV $< 6\%$). Grafik *Levey-Jenning's* dan evaluasi aturan *Westgard* terkena aturan 1_{2s} dan 1_{3s} yang mengindikasikan potensi kesalahan acak. Kesimpulan pada pemeriksaan parameter glukosa darah sewaktu dan kolesterol memiliki akurasi yang baik. Namun presisi pada parameter pemeriksaan glukosa darah sewaktu kurang baik pada bulan juli dan agustus, sedangkan parameter kolesterol memiliki presisi yang baik dan hasil evaluasi terkena aturan 1_{2s} dan 1_{3s} . Disarankan agar laboratorium terus meningkatkan manajemen mutu melalui kalibrasi rutin, penerapan SOP yang konsisten, dan pemantauan kualitas hasil secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

1. Siregar, M.T., Wulan, W.S., Setiawan, D., dan Nuryanti, A. (2018). *Kedali Mutu*. Jakarta: PPSDM Kemenkes RI.
2. Kurniawan, M. R. (2019). Analisa quality control hematologi di laboratorium Rumah Sakit An-Nisa Tangerang. *Binawan Student Journal*, 1(2), 80-85.
3. Kemenkes, R. I. (2018). *Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian RI tahun 2018*.
4. Nanis, A. T. A., & Bakhtiar, R. (2020). Dislipidemia Dengan Riwayat Pengobatan Tradisional: Studi Kasus Dengan Pendekatan Kedokteran Keluarga. *Jurnal Kedokteran Mulawarman*, 7(3), 34-39.
5. Wibowo, M. A., Shafriani, N. R., & Aryani, T. (2020). *Analisis hasil kontrol kualitas pemeriksaan glukosa dan kolesterol di RS PKU Muhammadiyah Yogyakarta* (Skripsi, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta). Diakses dari <https://digilib.unisayogya.ac.id/5432/>
6. Plebani, M. (2024). Harmonizing the post-analytical phase: Focus on the laboratory report. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 62(6), 1053-1062.
7. Kusmiati, M., Nurpalah, R., & Restaviani, R. (2022). Presisi dan akurasi hasil quality control pada parameter pemeriksaan glukosa darah di laboratorium klinik Rumah Sakit X Kota Tasikmalaya. *Journal of Indonesian Medical Laboratory and Science (JoIMedLabS)*, 3(1), 27-37.
8. Amani, F. F., Rinaldi, S. F., Ridwanna, S., & Kurniawan, E. (2019). Analisis faktor yang mempengaruhi hasil QC pada pemeriksaan glukosa, kolesterol total, dan asam urat. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 11(2), 274-279
9. Rahmania, Y. L., Kuntjoro, T., & Suroto, V. (2019). Proving the Accuracy and Legal Liability of Clinical Laboratory Examination Results Using Automatic Tools. *Soepra Jurnal Hukum Kesehatan*, 5(2), 358-376
10. Lamri, L., Kesuma, S., & Anggraini, A. G. (2023). Stabilitas reagen kerja terhadap aktivitas enzim aspartate aminotransferase (AST). *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(4), 4918-4925.
11. Cahyani, A. A. A. E., & Parwati, P. A. (2022). Manajemen Pengambilan dan Pengelolaan Spesimen Darah di Laboratorium RSUD Wangaya Denpasar. *The Journal of Muhammadiyah Medical Laboratory Technologist*, 5(2), 187-194.
12. Westgard, J. O., & Westgard, S. A. (2017). Measuring analytical quality: Total analytical error versus measurement uncertainty. *Clinics in Laboratory Medicine*, 37(1), 1-13.

13. Alusta, P., Paredes, A., Azevedo, M., Mullis, L., & Buzatu, D. (2025). Direct detection and identification of viruses in saliva using a SpecID ionization modified mass spectrometer. *PloS one*, 20(2), e0316368.
14. Tatsumi, N., Chuang, L. M., Leung, A., Wu, J., & Zaninotto, M. (2023). *Internal Quality Controls in the Medical Laboratory: From Levey–Jennings Chart to Analytical Sigma Metrics*. *Diagnostics*, 14(19), 2223. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14192223>
15. Wijaya, I., Anugrah, D. W., & Rachmat, I. (2023). *Internal quality control monitoring and evaluation of glucose and total cholesterol using Levey-Jennings chart and Westgard rules*. *International Journal of Life Science and Pharma Research*, 12(2), 1207–1212. URL: <https://www.ijlbpr.com/uploadfiles/213vol12issue2pp1207-1212.20230514064800.pdf>