

Analisis Hasil Six Sigma dan Total Error Pada Pemeriksaan Elektrolit Di Laboratorium Rumah Sakit X

Analysis of Six Sigma Performance and Total Error Results in Electrolyte Testing at Hospital X Laboratory

Dewi Hartati^{1*}, Nurhidayanti¹ Tiara Luviana¹, Anggun Yulia Sari¹

¹ Prodi DIV Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Vokasi, Universitas Muhammadiyah Ahmad Dahlan Palembang, Palembang, Indonesia

Article history

Submitted
31 March 2026

Received
30 May 2026

Accepted
23 June 2026

Abstrak

Pemeriksaan elektrolit berperan penting dalam mendukung diagnosis, terapi, dan pemantauan kondisi pasien. Untuk memastikan hasil pemeriksaan elektrolit yang akurat dan presisi diperlukan evaluasi mutu analitik, yaitu menggunakan metode Six Sigma dan Total Error (TE). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja analitik pemeriksaan elektrolit natrium (Na^+), kalium (K^+), dan klorida (Cl^-) menggunakan metode Six Sigma dan Total Error di Laboratorium RS X. Jenis penelitian ini observasional deskriptif retrospektif. Penelitian ini menggunakan data Internal Quality Control (IQC) pemeriksaan elektrolit selama periode Februari 2026. Data diperoleh dari pemeriksaan bahan kontrol elektrolit menggunakan alat electrolyte analyzer. Analisis data meliputi perhitungan mean, standar deviasi (SD), koefisien variasi (CV%), bias, recovery, Total Error (TE), dan nilai Six Sigma. Hasil penelitian menunjukkan nilai sigma untuk natrium, kalium, dan klorida masing-masing sebesar $1,91\sigma$; $0,28\sigma$; dan $1,22\sigma$. Nilai Total Error yang diperoleh berturut-turut sebesar 8,63%, 56,85%, dan 13,34%. Parameter natrium masih berada di bawah batas Total Allowable Error (TEa) sebesar 10%, sedangkan kalium dan klorida melebihi batas TEa yang ditetapkan. Nilai CV tertinggi ditemukan pada kalium (34,16%), menunjukkan presisi yang rendah. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu kinerja analitik pemeriksaan elektrolit memiliki nilai sigma <3 . Diperlukan evaluasi dan perbaikan berkelanjutan terhadap sistem pengendalian mutu untuk meningkatkan kualitas hasil pemeriksaan laboratorium.

Kata Kunci :

Quality Control;
Kalium; Klorida;
Natrium.

Abstract

Electrolyte testing is one of the most important role in supporting the diagnosis, therapy, and monitoring of patient conditions. To ensure accurate and precise electrolyte examination results, analytical quality evaluation is required, namely using the Six Sigma and Total Error (TE) methods. This study aims to evaluate the analytical performance of sodium (Na^+), potassium (K^+), and chloride (Cl^-) electrolyte examinations using the Six Sigma and Total Error methods at the Hospital X Laboratory. This type of study is a retrospective descriptive observational study. This study uses Internal Quality Control (IQC) data for electrolyte examinations during the period of February 2026. Data were obtained from examinations of electrolyte control materials using an electrolyte analyzer. Data analysis includes the calculation of the mean, standard deviation (SD), coefficient of variation (CV%), bias, recovery, Total Error (TE), and Six Sigma values. The results showed that the sigma values for sodium, potassium, and chloride were 1.91σ ; 0.28σ ; and 1.22σ , respectively. The Total Error values obtained were 8.63%, 56.85%, and 13.34%, respectively. The sodium parameter was still below the Total Allowable Error (TEa) limit of 10%, while potassium and chloride exceeded the established TEa limit. The highest CV value was found for potassium (34.16%), indicating low precision. The conclusion of this study is that the analytical performance of electrolyte examination has a sigma value <3 . Continuous evaluation and improvement of the quality control system are needed to improve the quality of laboratory examination results.

Keyword:

Quality Control;
Kalium; Clorida;
Natrium.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Korespondensi: Dewi Hartati, Prodi DIV Teknologi Laboratorium Medis, Universitas Muhammadiyah Ahmad Dahlan Palembang, Jalan Ahmad Yani 13 Ulu, Plaju Palembang, *mobile* 081367116710, *e-mail* dewihartatiayu@gmail.com

Pendahuluan

Mutu hasil pemeriksaan laboratorium klinik merupakan faktor yang paling penting dalam mendukung keputusan diagnosis, terapi, dan pemantauan kondisi pasien (Mashayekhi et al., 2025; Ringel et al., 2025). Keandalan hasil laboratorium sangat ditentukan oleh tingkat akurasi dan presisi dari setiap pemeriksaan yang dilakukan (Picconi et al., 2024). Penerapan sistem jaminan mutu laboratorium menjadi suatu keharusan, baik melalui pengendalian mutu internal (*Internal Quality Control/IQC*) maupun pengendalian mutu eksternal (*External Quality Assessment/EQA*) (McCafferty et al., 2024).

Salah satu metode yang digunakan di laboratorium untuk menilai tahap analitik suatu pemeriksaan adalah metode Six Sigma (Gidske, 2024). Metode ini memberikan ukuran statistik yang menggambarkan kemampuan suatu sistem analitik dalam menghasilkan hasil yang bebas dari kesalahan (*defects per million opportunities*) (Alkeelani et al., 2025; Setiawan, 2025; Oliveira et al., 2024). Semakin tinggi nilai sigma, semakin baik kinerja alat atau metode dalam menghasilkan hasil yang akurat dan presisi.

Nilai Sigma digunakan untuk mengevaluasi performa analitik berbagai parameter pemeriksaan, termasuk pemeriksaan elektrolit seperti natrium (Na^+), kalium (K^+), dan klorida (Cl^-) (Soleimani et al., 2025; Mestres, 2025; Shahani & Yazdi, 2025). Parameter-parameter ini memiliki peranan vital dalam menjaga keseimbangan cairan tubuh, fungsi neuromuskuler, serta kestabilan asam-basa. Kesalahan kecil dalam hasil pemeriksaan elektrolit dapat berdampak terhadap penatalaksanaan medis pasien (Pachciarek et al., 2025).

Evaluasi kinerja laboratorium selain Six Sigma dapat menggunakan Total Error (TE). TE merupakan gabungan antara kesalahan sistematis (*bias*) dan kesalahan acak (*imprecision*) yang menggambarkan sejauh mana hasil pemeriksaan dapat menyimpang dari nilai sebenarnya (Warneke et al., 2025; Sheikhmohammadi et al., 2025). Menghitung nilai TE dan membandingkannya terhadap *Total Allowable Error (TEa)*, laboratorium dapat menentukan apakah suatu metode pemeriksaan masih berada dalam batas akseptabilitas yang diizinkan secara klinis (Govia et al., 2025; Jean, 2025).

Pemeriksaan elektrolit merupakan salah satu pemeriksaan kimia klinik yang dilakukan

hampir setiap hari di laboratorium, baik untuk pasien rawat jalan, rawat inap, maupun instalasi gawat darurat. Frekuensi tinggi pemeriksaan ini menuntut laboratorium untuk menjaga konsistensi mutu hasil agar tidak menimbulkan kesalahan klinis. Ketidaktepatan hasil elektrolit dapat menyebabkan kesalahan diagnosis seperti gangguan elektrolit yang tidak sesuai kondisi sebenarnya, dan pada akhirnya berpotensi menimbulkan risiko terhadap keselamatan pasien (Jones, 2025; Wu et al., 2025; Devi, 2023; Maura, 2024).

Hasil penelitian Mohammad et al (2025), menunjukkan bahwa pemeriksaan elektrolit di berbagai laboratorium masih bervariasi. Faktor-faktor seperti perbedaan reagen, kalibrasi alat, kondisi alat, keterampilan operator, dan sistem pengendalian mutu yang diterapkan dapat memengaruhi hasil pengukuran (Mohammad et al., 2025). Evaluasi menggunakan parameter Six Sigma dan Total Error menjadi penting untuk menilai hasil pemeriksaan elektrolit di laboratorium, apakah telah memenuhi standar mutu yang diharapkan (Tarekegn et al., 2025).

Di Instalasi Laboratorium Patologi Klinik RS X, pemeriksaan elektrolit dilakukan menggunakan alat electrolyte analyzer (Medica Corporation, USA). Pemeriksaan ini termasuk salah satu pemeriksaan rutin dengan jumlah sampel yang tinggi setiap harinya sehingga diperlukan evaluasi berkala terhadap kinerja analitik alat. Meskipun program pengendalian mutu internal telah dilaksanakan secara rutin, evaluasi kinerja metode menggunakan pendekatan Six Sigma dan Total Error belum pernah dilakukan secara komprehensif pada parameter natrium, kalium, dan klorida di laboratorium tersebut. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang dapat memberikan gambaran objektif mengenai kualitas kinerja analitik alat yang digunakan.

Analisis Six Sigma di laboratorium dapat mengidentifikasi parameter mana yang memiliki performa baik (≥ 6 sigma), memadai (4–5 sigma), atau perlu perbaikan (< 3 sigma). Analisis Total Error memberikan gambaran seberapa jauh penyimpangan hasil terhadap batas kesalahan total yang diizinkan. Hasil analisis Six Sigma dan TE dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan strategi pengendalian mutu internal, seperti menentukan frekuensi kontrol, jumlah replikasi, serta batas penerimaan hasil kontrol (*control rules*) menggunakan pendekatan *Westgard Rules*. Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran nyata tentang kualitas sistem pemeriksaan yang berjalan di laboratorium serta

menjadi dasar dalam menentukan langkah perbaikan mutu di laboratorium (Ulfah et al., 2025; Kaunas, 2025).

Meskipun metode Six Sigma dan Total Error telah banyak digunakan untuk mengevaluasi mutu pemeriksaan laboratorium klinik, hasil penelitian sebelumnya menunjukkan adanya variasi kinerja analitik yang dipengaruhi oleh jenis alat, reagen, dan sistem pengendalian mutu yang digunakan di masing-masing laboratorium. Hingga saat ini, evaluasi kinerja pemeriksaan elektrolit natrium (Na^+), kalium (K^+), dan klorida (Cl^-) menggunakan pendekatan Six Sigma dan Total Error pada alat analyzer di Laboratorium RS X belum pernah dilakukan. Penelitian ini menjadi penting mengingat tingginya frekuensi pemeriksaan elektrolit serta besarnya pengaruh hasil pemeriksaan terhadap keputusan klinis dan keselamatan pasien.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja analitik pemeriksaan elektrolit (parameter natrium, kalium, dan klorida) yang digunakan di Laboratorium RS X melalui pendekatan Six Sigma dan Total Error sebagai bagian dari upaya peningkatan mutu laboratorium klinik.

Metode

Penelitian ini bersifat observasional deskriptif retrospektif. Penelitian dilaksanakan di laboratorium rumah sakit X pada bulan Februari-Maret 2026. Alat yang digunakan dalam penelitian ini mencakup alat electrolyte analyzer untuk pemeriksaan elektrolit, mikropipet (*blue* dan *yellow tip*) untuk pengambilan sampel dan bahan kontrol dengan presisi tinggi, *vortex mixer* untuk homogenisasi sampel, *centrifuge* untuk pemisahan serum, serta *refrigerator* ($2-8^{\circ}\text{C}$) dan *freezer* untuk penyimpanan bahan kontrol dan reagen.

Penelitian ini menggunakan bahan kontrol komersial untuk pemeriksaan elektrolit, meliputi Natrium (Na^+), Kalium (K^+), dan Klorida (Cl^-), serta serum pasien yang digunakan sebagai bahan uji validasi hasil. Reagen untuk parameter elektrolit digunakan sesuai dengan spesifikasi alat electrolyte analyzer yang digunakan. Semua reagen diperiksa masa kedaluwarsa dan disimpan pada suhu sesuai ketentuan untuk menjaga stabilitas dan keandalannya selama penelitian berlangsung.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran dan pencatatan data sekunder dari dokumen pengendalian mutu

laboratorium rumah sakit. Jumlah data yang dianalisis sebanyak 28 data hasil pemeriksaan bahan kontrol elektrolit. Data tersebut dihitung nilai bias, koefisien variasi (CV%), Total Error (TE), dan Six Sigma sebagai indikator kinerja analitik pemeriksaan elektrolit.

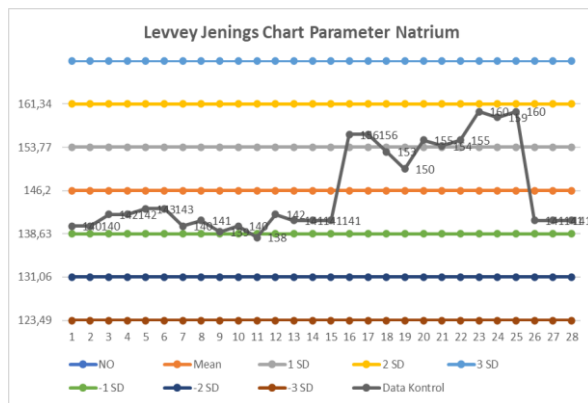
Tahap pelaksanaan dilakukan dengan mengumpulkan data hasil pemeriksaan bahan kontrol internal parameter elektrolit selama bulan Februari 2026, yaitu sebanyak 28 hari (28 data IQC). Data ini adalah data Internal Quality Control (IQC). Pengendalian mutu internal dilakukan menggunakan bahan kontrol yang dijalankan satu kali setiap hari sebelum pemeriksaan sampel pasien. Setiap hasil bahan kontrol dibandingkan dengan nilai target mean dan standar deviasi yang ditetapkan oleh laboratorium untuk memantau kestabilan kinerja alat. Selanjutnya, data diplot pada grafik Levey–Jennings dan dievaluasi menggunakan aturan Westgard (*Westgard Rules*) untuk mendeteksi adanya shift, trend, maupun kesalahan acak dan sistematis. Apabila ditemukan penyimpangan yang melampaui batas kontrol, dilakukan tindakan korektif berupa recalibrasi alat, pemeriksaan kualitas reagen, pemeliharaan instrumen, serta validasi ulang hasil pemeriksaan sebelum pelayanan laboratorium dilanjutkan.

Evaluasi dan analisis data dengan menghitung parameter presisi (CV%), bias (%), total error (TE), dan Six Sigma (σ). Nilai Sigma diinterpretasikan berdasarkan kategori: $\sigma \geq 6$ (sangat baik), $4 \leq \sigma < 6$ (baik), $3 \leq \sigma < 4$ (cukup), dan $\sigma < 3$ (perlu perbaikan). Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk tabel, grafik *Levey–Jennings*, dan interpretasi Sigma Level untuk setiap parameter elektrolit. Apabila nilai Sigma < 3 , dilakukan evaluasi menyeluruh terhadap faktor penyebab seperti kualitas reagen, kalibrasi alat, kestabilan suhu, atau keterampilan operator. Dari hasil evaluasi disusun rekomendasi perbaikan *Quality Control* (QC), pembaruan dokumentasi, serta penyesuaian Standar Prosedur Operasional (SPO) sebagai langkah peningkatan mutu pemeriksaan laboratorium.

Hasil

Tabel 1. Hasil perhitungan akurasi, presisi, TE dan Sig Sixma

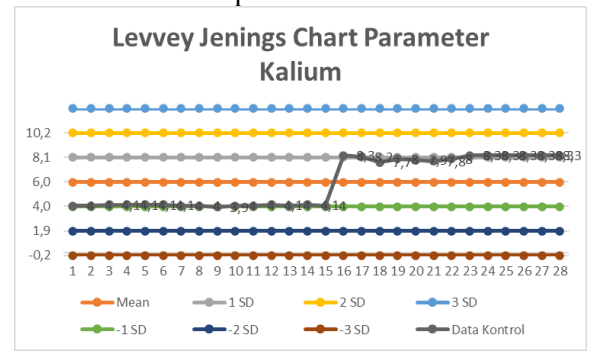
Parameter	Natrium	Kalium	Clorida
Mean	146.21	6.03	110.82
SD	7.60	2.06	8.59
CV%	5.20 %	34.16 %	7.75 %
Bias	-0.08	-0.03	0.61
D%	-0.05 %	-0.49 %	0.55 %
Recovery (R%)	99.95 %	99.50 %	100.55 %
TE	8.63 %	56.85 %	13.34 %
TEa	10%	10%	10%
Six Sigma	1.91 σ	0.28 σ	1.22 σ



Gambar 1. Levvey Jenings Chart Parameter Natrium

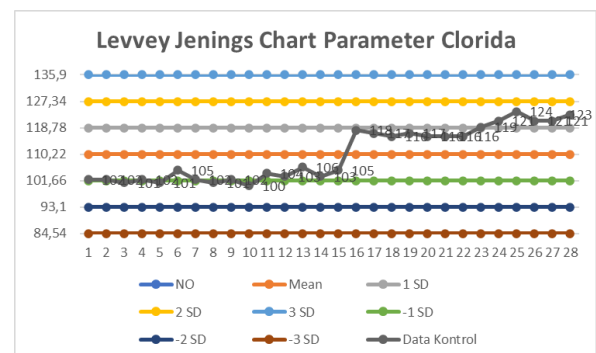
Berdasarkan gambar 1. Grafik Levey–Jennings pada parameter natrium menunjukkan hasil data kontrol harian terhadap nilai mean serta batas ± 1 SD, ± 2 SD, dan ± 3 SD. Pada awal pengukuran (data ke-1 sampai ke-15), nilai kontrol berada di sekitar -1 SD hingga mendekati mean, yang menandakan hasil masih stabil dan berada dalam batas kontrol yang dapat diterima. Namun mulai sekitar data ke-16 hingga ke-25, terlihat adanya kenaikan nilai kontrol yang cukup signifikan hingga mendekati +2 SD bahkan mendekati +3 SD, yang menunjukkan adanya kecenderungan pergeseran ke arah nilai yang lebih tinggi. Kondisi ini dapat mengindikasikan kemungkinan adanya perubahan sistematis seperti pengaruh reagen, kalibrasi alat, atau kondisi instrumen. Setelah itu, pada data ke-26 hingga ke-28, nilai kontrol kembali turun mendekati -1 SD, yang menunjukkan bahwa hasil kembali berada dalam rentang kontrol. Secara umum sebagian besar data masih berada dalam batas ± 3 SD, namun pola pergeseran

tersebut perlu diperhatikan sebagai bagian dari evaluasi quality control (QC) untuk memastikan kestabilan metode pemeriksaan natrium.



Gambar 2 . Levvey Jennings Chart Parameter Kalium

Berdasarkan gambar 2 grafik Levey–Jennings kalium menunjukkan pemantauan hasil data kontrol harian terhadap nilai mean serta batas ± 1 SD, ± 2 SD, dan ± 3 SD untuk menilai kestabilan metode pemeriksaan. Pada awal pengukuran (data ke-1 hingga sekitar data ke-15), nilai kontrol berada di sekitar -1 SD hingga mendekati mean, yang menandakan hasil pemeriksaan masih stabil dan berada dalam batas kontrol yang dapat diterima. Namun mulai pada data ke-16 terjadi peningkatan nilai kontrol yang cukup tajam hingga mendekati +1 SD sampai +2 SD, kemudian pada beberapa data berikutnya nilai masih berada di atas mean tetapi tetap berada dalam batas ± 2 SD. Hal ini menunjukkan adanya kecenderungan pergeseran nilai (*shift*) ke arah yang lebih tinggi, yang dapat dipengaruhi oleh faktor seperti kondisi alat, reagen, atau proses kalibrasi. Data kontrol masih berada dalam batas ± 3 SD, sehingga secara umum proses pemeriksaan kalium masih berada dalam batas kendali. Namun pola pergeseran tersebut tetap perlu dipantau sebagai bagian dari evaluasi *quality control* (QC) laboratorium.



Gambar 3. Grafik Levvey Jenings Chart Parameter Clorida

Berdasarkan gambar 3 grafik Levey–Jennings parameter klorida menunjukkan pemantauan hasil data kontrol harian terhadap nilai mean serta batas kendali ± 1 SD, ± 2 SD, dan ± 3 SD untuk menilai kestabilan metode pemeriksaan. Pada awal pengukuran (data ke-1 hingga sekitar data ke-15), nilai kontrol berada di sekitar -1 SD hingga mendekati mean, yang menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan masih relatif stabil dan berada dalam batas kontrol yang dapat diterima. Namun mulai data ke-16 terlihat adanya kenaikan nilai kontrol yang cukup signifikan hingga mendekati +1 SD, bahkan pada beberapa titik data berikutnya cenderung terus meningkat hingga mendekati +2 SD. Pola ini menunjukkan adanya kecenderungan pergeseran nilai (*trend/shift*) ke arah yang lebih tinggi yang dapat disebabkan oleh faktor seperti perubahan kondisi alat, stabilitas reagen, atau proses kalibrasi. Seluruh nilai kontrol masih berada dalam batas ± 3 SD, sehingga secara umum proses pemeriksaan klorida masih berada dalam batas kendali. Namun kecenderungan peningkatan tersebut perlu dipantau lebih lanjut sebagai bagian dari evaluasi *quality control* (QC) laboratorium untuk menjaga keakuratan hasil pemeriksaan.

Pembahasan

Pemeriksaan elektrolit seperti natrium, kalium, dan klorida merupakan parameter penting dalam analisis kimia klinik karena berperan dalam menjaga keseimbangan cairan, fungsi saraf, serta aktivitas otot dalam tubuh. Hasil pemeriksaan laboratorium harus memiliki tingkat akurasi dan presisi yang baik agar dapat memberikan informasi yang tepat bagi diagnosis dan penatalaksanaan pasien. Untuk menilai kualitas suatu metode pemeriksaan laboratorium, salah satu pendekatan yang sering digunakan adalah analisis Total Error (TE) dan *Six Sigma*, yang mampu menggambarkan tingkat kesalahan serta performa metode pemeriksaan secara keseluruhan.

Total Error (TE) merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja suatu metode pemeriksaan dengan mempertimbangkan dua komponen kesalahan utama, yaitu kesalahan sistematis (bias) dan kesalahan acak (*imprecision*) yang biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien variasi (CV). Total Error menggambarkan besarnya penyimpangan hasil pemeriksaan terhadap nilai sebenarnya. Apabila nilai TE lebih kecil dari Total Allowable Error (TEa) yang telah ditetapkan, maka metode tersebut masih

dianggap memenuhi standar mutu laboratorium dan dapat digunakan secara rutin dalam pemeriksaan klinik. Selain TE, metode evaluasi kualitas yang sering digunakan dalam laboratorium adalah *Six Sigma*.

Six Sigma merupakan pendekatan statistik yang digunakan untuk menilai kinerja suatu proses analitik berdasarkan hubungan antara TEa, bias, dan CV. Nilai sigma menggambarkan kemampuan suatu metode pemeriksaan dalam memberikan hasil pemeriksaan yang akurat dan presisi. Semakin tinggi nilai sigma, semakin baik kualitas metode tersebut. Secara umum, nilai sigma ≥ 6 menunjukkan kualitas metode yang sangat baik, nilai sigma 3–6 masih dapat diterima, sedangkan nilai sigma < 3 menunjukkan bahwa metode tersebut memiliki performa yang kurang baik dan memerlukan perbaikan.

Berdasarkan hasil perhitungan pada parameter natrium, diperoleh nilai mean sebesar 146,21, SD sebesar 7,60, dan CV sebesar 5,20% (Tabel 1). Nilai CV ini menunjukkan bahwa tingkat variasi hasil pemeriksaan masih berada pada kategori cukup baik (5,20%), meskipun sedikit lebih tinggi dari nilai ideal yang umumnya diharapkan pada pemeriksaan elektrolit. Nilai bias sebesar -0,08 dan recovery sebesar 99,95% menunjukkan bahwa tingkat akurasi metode pemeriksaan natrium masih cukup baik karena mendekati nilai yang diharapkan ($< 2 - > 10\%$).

Pada parameter kalium, hasil perhitungan menunjukkan nilai mean sebesar 6,03, SD sebesar 2,06, dan CV sebesar 34,16%. Nilai CV yang sangat tinggi ini menunjukkan bahwa tingkat variasi hasil pemeriksaan sangat besar, sehingga tingkat presisi metode pemeriksaan kalium tergolong sangat rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan kurang konsisten dan berpotensi menghasilkan kesalahan yang cukup besar.

Perhitungan Total Error pada kalium sebesar 56,85%, yang jauh melebihi batas TEa sebesar 10%. Hal ini menunjukkan bahwa metode pemeriksaan kalium memiliki tingkat kesalahan yang sangat besar dan tidak memenuhi standar mutu laboratorium.

Pada parameter klorida, diperoleh nilai mean sebesar 110,82, SD sebesar 8,59, dan CV sebesar 7,75%. Nilai CV ini menunjukkan bahwa tingkat presisi metode pemeriksaan klorida berada pada kategori cukup, namun masih lebih tinggi dari nilai ideal yang diharapkan pada pemeriksaan elektrolit (7,75%). Nilai bias sebesar 0,61 serta recovery sebesar 100,55% menunjukkan bahwa tingkat

akurasi metode masih cukup baik karena mendekati nilai yang diharapkan.

Menurut hasil penelitian Mohammad et al., (2025) analisis Six Sigma merupakan salah satu metode yang efektif dalam mengevaluasi kinerja analitik parameter biokimia di laboratorium klinik. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai sigma dihitung berdasarkan hubungan antara Total Allowable Error (TEa), bias, dan koefisien variasi (CV) sehingga dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai performa suatu metode pemeriksaan. Studi tersebut menekankan bahwa penerapan analisis sigma membantu laboratorium dalam menentukan strategi quality control yang tepat serta meningkatkan keandalan hasil pemeriksaan laboratorium (Mohammad et al., 2025)

Penelitian lain oleh Tarekegn et al., (2025) melaporkan bahwa pendekatan Six Sigma dapat digunakan untuk mengevaluasi berbagai parameter kimia klinik secara komprehensif. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa beberapa parameter memiliki nilai sigma tinggi sehingga menunjukkan performa metode yang sangat baik, sementara parameter lain memiliki nilai sigma rendah yang mengindikasikan adanya masalah pada presisi atau akurasi metode pemeriksaan. Penelitian ini juga menegaskan bahwa analisis sigma sangat bermanfaat dalam membantu laboratorium mengidentifikasi sumber kesalahan dan meningkatkan kualitas proses analitik (Tarekegn et al., 2025).

Penelitian Kaunas, (2025) menjelaskan bahwa penggunaan sigma metrics dalam laboratorium klinik memberikan manfaat penting dalam meningkatkan sistem manajemen mutu. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa pendekatan Six Sigma memungkinkan laboratorium untuk menghitung jumlah potensi kesalahan dalam satu juta peluang kesalahan (*defects per million opportunities*) sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih objektif mengenai performa metode analitik. Dengan demikian, laboratorium dapat melakukan perbaikan proses secara berkelanjutan untuk meningkatkan kualitas hasil pemeriksaan (Kaunas, 2025).

Penelitian lain mengenai evaluasi parameter kimia klinik menggunakan sigma metrics menunjukkan bahwa beberapa parameter rutin seperti natrium, kalium, dan klorida sering kali memiliki nilai sigma yang lebih rendah dibandingkan dengan parameter kimia klinik lainnya. Hal ini disebabkan oleh variasi hasil yang relatif tinggi serta sensitivitas

metode terhadap faktor teknis seperti stabilitas reagen, kalibrasi alat, dan kondisi lingkungan pemeriksaan. Oleh karena itu, penelitian tersebut merekomendasikan penerapan pengendalian mutu yang lebih ketat, seperti penggunaan Westgard multirules untuk memantau kestabilan hasil pemeriksaan secara lebih efektif.

Penelitian terbaru mengenai manajemen mutu laboratorium juga menunjukkan bahwa pendekatan Lean Six Sigma dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas proses laboratorium tidak hanya pada tahap analitik, tetapi juga pada tahap pra-analitik dan pasca-analitik. Pendekatan ini membantu laboratorium dalam mengidentifikasi sumber kesalahan serta mengurangi variasi proses sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi pemeriksaan laboratorium secara keseluruhan. Dengan demikian, penerapan Six Sigma secara konsisten dapat menjadi strategi penting dalam menjaga mutu pelayanan laboratorium serta meningkatkan keselamatan pasien.

Simpulan hasil analisis Six Sigma dan Total Error, parameter natrium, kalium, dan klorida menunjukkan nilai sigma masing-masing sebesar 1,91, 0,28, dan 1,22, sehingga seluruh parameter masih berada pada kategori < 3 sigma. Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja analitik pemeriksaan elektrolit di Laboratorium RS X belum memenuhi standar mutu yang optimal dan masih memerlukan perbaikan untuk meningkatkan akurasi serta presisi hasil pemeriksaan.

Saran untuk laboratorium perlu melakukan evaluasi dan perbaikan terhadap sistem pemeriksaan elektrolit melalui recalibrasi alat, pemantauan kualitas reagen, pemeliharaan instrumen secara berkala, serta penerapan pengendalian mutu yang lebih ketat. Evaluasi ulang menggunakan metode Six Sigma disarankan dilakukan secara berkala untuk memastikan peningkatan kualitas hasil pemeriksaan dan menjamin keandalan pelayanan laboratorium

Daftar Pustaka

- Alkeelani, A., Alfazari, A., & Sallam, M. (2025). Reducing Insurance Claim Rejections through Lean Six Sigma: A Quality Improvement Initiative at Mediclinic Welcare Hospital, UAE. *Jordan Journal of Applied Science Natural Science Series*, 19. <https://doi.org/10.35192/jjoas>
- Devi. (2023). Pooled Sera as an Alternative to

- Commercial Internal Quality Control in Clinical Laboratories. In *Health and Social Care Unit*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2023/64088.18567>
- Gidske, G. (2024). Aspects of internal quality control and external quality assurance to ensure correct medical laboratory test results. *Healthy*.
- Govia, L. C. G., Majumder, S., Barron, S. V., Mitchell, B., Seif, A., Kim, Y., Wood, C. J., Pritchett, E. J., Merkel, S. T., McKay, D. C., Quantum, I. B. M., Watson, I. B. M. T. J., Heights, Y., & York, N. (2025). Bounding the Systematic Error in Quantum Error Mitigation due to Model Violation. *Physical Review Applied*, 10(1), 1. <https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.6.010354>
- Jean. (2025). The impact of self-report inaccuracy in the UK Biobank and its interplay with selective participation Check for updates. *Nature Human Behaviour*, 9(March). <https://doi.org/10.1038/s41562-024-02061-w>
- Jones, T. W. (2025). Management of Electrolyte Abnormalities in the Emergency Department Management of Electrolyte Abnormalities in the Emergency Department. *Lynchburg Journal of Medical Science Volume*, 1(1).
- Kaunas. (2025). Development of Recommendations for the Quality Control of Magnetic Resonance Imaging in Lithuanian Health Care Development of Recommendations for the Quality Control of Magnetic Resonance Imaging in Lithuanian Health Care. *Sciences*.
- Mashayekhi, Y., Iguh, C., Baba-aissa, S., Iqbal, M., Nidiginti, T., & Jalali, R. (2025). Exploring the Prevalence and Symptom Burden of Small Fiber Neuropathy in Patients With Diabetes Using the Small Fiber Neuropathy Symptoms Inventory Questionnaire (SFN-SIQ). *Cureus*, 17(9). <https://doi.org/10.7759/cureus.93548>
- Maura. (2024). *Evaluasi Quality-Control Pemeriksaan Kreatinin Dan Ureum Menggunakan Grafik Levey-Jennings Dan Six Sigma Di Rumah Sakit X Yogyakarta* (Vol. 15, Issue 2).
- Mccafferty, R., Cembrowski, G., & Urrechaga, E. (2024). ICSH review of internal quality control policy for blood cell counters. *Laboratory Hematology*, November 2023, 216–226. <https://doi.org/10.1111/ijlh.14220>
- Mestres, J. (2025). Exploring High-Charge-Density Polyelectrolytes as Membrane Component for Solid Contact Ion-Selective Electrodes. *Electroanalysis RESEARCH*, 1–11. <https://doi.org/10.1002/elan.70043>
- Mohammad, A., Hoque, T., & Islam, A. (2025). Point-of-care testing of hyponatremia and hypernatremia levels: An optoplasmonic biosensing approach. *Plos One*, 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319559>
- Oliveira, D., Teixeira, L., & Alvelos, H. (2024). ScienceDirect ScienceDirect Integration Integration of of Process Process Modeling Modeling and and Six Six Sigma Sigma for for defect defect reduction: reduction: study in a wind blade factory A case study in a wind blade factory. *Procedia Computer Science*, 232, 3151–3160. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.131>
- Pachciarek, J., Dziewiecka, H., Basta, P., Kaźmierczak, W., & Skarpańska-Stejnborn, A. (2025). The impact of a 6000-meter endurance exercise test on acid-base balance parameters. *Physical Education Students*. <https://doi.org/10.15561/20755279.2025.0301>
- Picconi, M. A., Songur, N., Fellner, M. D., Correa, R. M., Gultekin, M., & Cuschieri, K. (2024). Chapter 3 - Laboratory Quality Assurance. In *book*.
- Ringel, M. D., Sosa, J. A., Baloch, Z., Bischoff, L., Bloom, G., Brent, G. A., Brock, P. L., Chou, R., Flavell, R. R., Goldner, W., Grubbs, E. G., Haymart, M., Larson, S. M., Leung, A. M., Osborne, J. R., Ridge, J. A., Robinson, B., Steward, D. L., Tufano, R. P., & Wirth, L. J. (2025). 2025 American Thyroid Association Management Guidelines for Adult Patients with Differentiated Thyroid Cancer. *Thyroid*, 35(8), 841–985. <https://doi.org/10.1177/10507256251363120>
- Setiawan, S. A. (2025). Implementation of Six Sigma Methodology to Reduce High

- Defect Rate in Rubber Processing Industry. *European Journal OfBusiness and Management Research*, 10(1), 118–126.
- Shahani, O., & Yazdi, N. K. (2025). Effect of cold water immersion on balance and postural control in young healthy individuals: a systematic review. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research REVIEW*, 4.
- Sheikhmohammadi, A., Hosseinpour, S., Jalilzadeh, Z., & Azarpira, H. (2025). Harnessing AI to revolutionize photocatalytic degradation of Tetracycline via optimized UV / ZrO₂ / NaOCl reaction pathways. *Scientific Journal of Pediatrics*, 1–22.
- Soleimani, A., Amirghasemi, F., Banks, M., Alshami, A., Nejad, S. K., Sheer, A., Sanchez, C. D., Ma, H., Ramos, D. V., & Mousavi, M. P. S. (2025). At-Home Early Diagnosis of Mastitis: Calibration-Free Analysis of Sodium to Potassium Ratio in Breast Milk. *Addiction Science & Clinical Practice*, 13707, 1–17. <https://doi.org/10.1002/adfm.202513707>
- Tarekgn, N., Getachew, A., Kedir, M., Abdulsemed, A., & Abrar, S. (2025). Evaluating the total laboratory testing process and performance via quality indicators in clinical chemistry and hematology laboratories at Pawi General Hospital , Benishangul Gumz , Northwest Ethiopia: a prospective cross - sectional study. *Health Systems*.
- Ulfah, M., Arina, F., Muharni, Y., Sonda, A., Kirana, S., & Gunawan, A. (2025). Integration of SERVQUAL and Six Sigma for enhancing academic service quality in departments and laboratories: A case study. *Journal Industrial Servicess*, 11(1).
- Warneke, K., Gronwald, T., Wallot, S., Magno, A., Hillebrecht, M., & Wirth, K. (2025). Discussion on the validity of commonly used reliability indices in sports medicine and exercise science: a critical review with data simulations. *European Journal of Applied Physiology*, 125(6), 1511–1526. <https://doi.org/10.1007/s00421-025-05720-6>
- Wu, A. H. B., Levy, J. H., Peacock, W. F., Rimawi, R., Luna, S., Farnsworth, C., Stiegler, H., & Christenson, R. H. (2025). Handling Hemolytic Blood Samples from High-Risk Clinical Areas: A Call to Action. *The Journal of Applied Laboratory Medicine*, 10(05), 1347–1361. <https://doi.org/10.1093/jalm/jfaf082>