

Evaluasi Akurasi dan Presisi Alat Hematology Analyzer Mindray BC-5380 Mode Predilute Terhadap Kadar Hemoglobin pada Darah Kapiler

Evaluation of the Accuracy and Precision of the Mindray BC-5380 Hematology Analyzer in Predilute Mode Against Hemoglobin Examination in Capillary Blood

DWI APRILIANI
YAYUK MUNDRIYASTUTIK
ARIEF ADI SAPUTRO

Universitas Muhammadiyah Kudus
Jl. Ganesha Raya No.I, Purwosari, Kec. Kota Kudus, Kab.Kudus, Jawa Tengah
Email: 22021150001@std.umku.ac.id

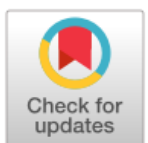
Abstrak

Kemajuan teknologi berpengaruh pada otomatisasi peralatan laboratorium salah satunya pemeriksaan hemoglobin dengan alat *hematology analyzer* yang memiliki beberapa mode dalam pemeriksaan untuk meningkatkan akurasi dan presisi. Data pemeriksaan kadar hemoglobin di RSUD Fastabiq Sehat PKU Muhammadiyah Pati mencapai 25.365 pemeriksaan. Mode *Predilute* pada *hematology analyzer* Mindray BC-5380 jarang digunakan hanya sekitar 2%, sangat jauh berbeda dengan penggunaan mode Whole Blood (WB) yang mencapai presentase 98%. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat akurasi dan presisi dari alat *Hematology Analyzer* Mindray BC-5380 dalam mode *Predilute* untuk pengukuran kadar hemoglobin menggunakan darah kapiler di RSUD Fastabiq Sehat PKU Muhammadiyah Pati. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan *cross-sectional*. Data diperoleh melalui pengukuran hemoglobin menggunakan alat tersebut, yang kemudian dianalisis untuk menilai akurasi dan presisi. Hasil penelitian menunjukkan adanya nilai bias sebesar 2,58%, yang mengindikasikan akurasi yang baik. Nilai koefisien variasi (CV) sebesar 5,52% melebihi batas yang ditetapkan oleh pabrik, yang menunjukkan presisi yang kurang baik. Evaluasi lebih lanjut menggunakan grafik *Levey-Jenning* dan aturan *Westgard* mengindikasikan adanya penyimpangan 1_{2s} pada hari kelima, yang menunjukkan kemungkinan adanya kesalahan sistematis atau acak. Alat *hematology analyzer* Mindray BC-5380 mode *predilute* memiliki akurasi yang baik terhadap kadar hemoglobin pada darah kapiler, tetapi didapatkan nilai presisi yang kurang baik jika dibandingkan nilai pabrik.

Kata Kunci: Akurasi ; Presisi ; Hemoglobin ; Hematology Analyzer ; Mode Predilute

Abstract

Technological advances affect the automation of laboratory equipment, one of which is haemoglobin examination with a haematology analyzer that has several modes of examination to improve accuracy and precision. The haemoglobin test data at RSUD Fastabiq Sehat PKU Muhammadiyah Pati reached 25,365 tests. Predilute mode on the Mindray BC-5380 haematology analyser is rarely used, only about 2%, very much different from the use of Whole Blood (WB) mode which reaches a percentage of 98%. This study aims to evaluate the accuracy and precision of the Hematology Analyzer Mindray BC-5380 in Predilute mode for measuring haemoglobin levels using capillary blood at RSUD Fastabiq Sehat PKU Muhammadiyah Pati. The methodology used in this study was descriptive quantitative with a cross-sectional approach. Data was obtained through measurement of haemoglobin using the device, which was then analysed to assess accuracy and precision. The results showed a bias value of 2.58%, indicating good accuracy. The coefficient of variation (CV) value of 5.52% exceeded the limit set by the manufacturer, indicating poor precision. Further evaluation using



the Levey-Jenning graph and Westgard's rule indicated a 12s deviation on the fifth day, indicating the possibility of systematic or random errors. The Mindray BC-5380 predilute mode haematology analyser had good accuracy of haemoglobin levels in capillary blood, but poor precision compared to the manufacturer's values.

Keyword: Accuracy ; Precision ; Haemoglobin ; Haematology Analyzer ; Predilute Mode

1. Pendahuluan

Kemajuan dunia kesehatan yang sangat pesat di era industri 4.0 berdampak salah satunya pada pelayanan bidang laboratorium kesehatan. Inovasi baru dengan penggunaan alat laboratorium secara otomatis telah menggantikan alat-alat manual (Nirwani et al., 2018; Pramita & Wibawa, 2022). Jaminan mutu berfungsi untuk menilai suatu aspek teknis dalam pengujian atau kalibrasi pemeriksaan laboratorium. Jaminan mutu diharapkan dapat menjadi pengendali, memantau dan memastikan sistem manajemen mutu berjalan dengan benar (Kesuma et al., 2021; Nirwani et al., 2018).

Pemeriksaan hematologi untuk mengetahui kesehatan darah pasien secara keseluruhan dan komponennya banyak dilakukan di rumah sakit dan klinik (Andreswari et al., 2017). Pengujian hematologi manual membutuhkan waktu yang sangat lama dibandingkan dengan metode digital otomatis yang dimungkinkan oleh alat analisis hematologi dan hemositometer.

Pilihan pengoperasian untuk alat analisis hematologi Mindray BC-5380 meliputi mode darah lengkap (WB) dan mode predilute (PD). Menurut Arni (2022), mode WB memerlukan volume minimal 1 mL sampel darah vena yang mencakup antikoagulan EDTA, sedangkan mode PD memerlukan volume 20 µL sampel darah kapiler yang diambil dari ujung jari atau daun telinga. Jika sampel darah dari vena tidak memadai, sampel darah alternatif dapat diperoleh dari daun telinga atau ujung jari menggunakan teknik PD (pra-dilusi), yang merupakan alat analisis tambahan untuk menghindari pengambilan darah berulang (WHO 2010; Hoffman et al., 2023).

Mode *predilute* telah digunakan di rumah sakit di Pati Jawa Tengah untuk pemeriksaan hematologi rutin. Menurut data dari RSUD Fastabiq Sehat Pati pada tahun 2023 didapatkan pemeriksaan hematologi rutin menggunakan *hematology analyzer* Mindray BC 5380 mode *whole blood* (WB) mencapai 98% sedangkan menggunakan mode *predilute* (PD) hanya diangka 2%. Maka dari itu pentingnya dilakukan penelitian tentang mode *predilute* pada alat *hematology analyzer* Mindray BC-5380. Penelitian ini untuk mengetahui nilai akurasi dan presisi parameter hemoglobin pemeriksaan alat *hematology analyzer* Mindray BC-5380 mode *predilute* menggunakan sampel darah kapiler. Penelitian ini juga menganalisis kesesuaian akurasi dan presisi terhadap standar alat *hematology analyzer* Mindray BC-5380.

2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang bersifat *cross-sectional*. Sugiyono dalam penelitian Irsyadi sebagaimana dikutip A'isy et al. (2024) menyatakan bahwa analisis deskriptif kuantitatif merupakan suatu metode statistika untuk mengkarakterisasikan data dengan menggunakan representasi numerik. (A'isy et al., 2024). Penelitian ini dilaksanakan di RSUD Fastabiq Sehat PKU Muhammadiyah Pati pada periode Oktober 2024 – Januari 2025.

Data yang diambil adalah data primer pemeriksaan kadar hemoglobin menggunakan sampel darah kapiler karyawan RSUD Fasabiq Sehat yang berjenis kelamin perempuan. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara *total sampling* didapatkan sebanyak 44 responden.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil

Pada hasil penelitian 44 responden diperoleh rata-rata hasil pemeriksaan hemoglobin $13,15 \pm 0,73 \text{ g/dL}$. Dari hasil rata-rata dilakukan perhitungan nilai CV (%) dan bias (%) yang bertujuan untuk menentukan presisi dan akurasi yang selanjutnya dibandingkan dengan nilai yang dikeluarkan pabrik. Selain itu, juga menggunakan data QC untuk dianalisa secara statistik yang meliputi nilai rata-rata (*Mean*), *Standar Deviasi* (SD), Koefisien Variasi (CV), Bias (d), *Total Error* (Te), dan *Six Sigma*. Selain itu, batas peringatan dan kontrol juga dihitung, dan data dievaluasi menggunakan grafik *Levey Jenning* serta *Westgard Rules*. (*Times New Roman ; 11pt ; Normal ; Justify*)

Hasil pemeriksaan kadar hemoglobin pada darah kapiler menggunakan alat *hematology analyzer* Mindray BC-5380 mode *predilute* memiliki nilai Bias (d%) 2,38% dan nilai CV (%) 5,52%. Nilai Bias 2,38% menandakan pekerjaan yang akurat karena nilai tersebut masih dibawah nilai standart yaitu 10 %. Nilai Bias (d%) yang kecil menandakan keakuratan hasil pemeriksaan (Puspita et al., 2024). Sedangkan pada nilai CV (%) yaitu 5,52% yang menandakan hasil pekerjaan tidak presisi atau impresisi. Nilai CV (%) tersebut melebihi nilai standart pabrik untuk mode *predilute* alat Mindray BC-5380 yaitu $\leq 3,0\%$.

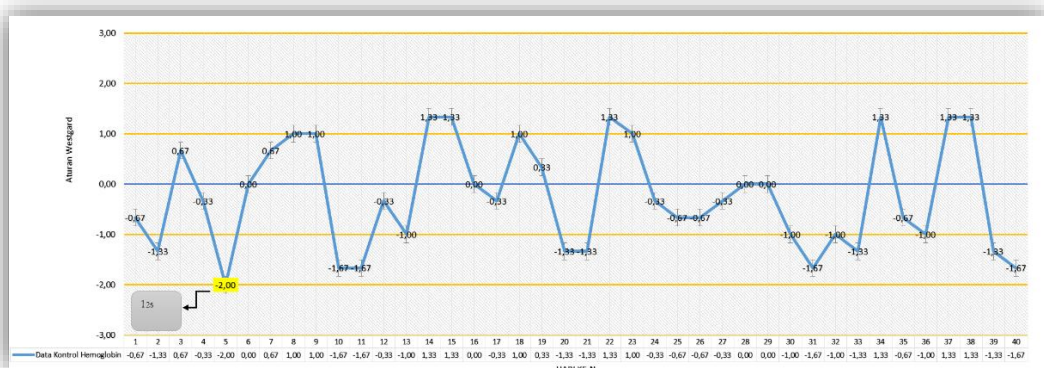
Grafik *Shewhart* atau *Levey-Jennings* dipakai untuk menggambarkan hasil pemantapan mutu (QC) yang berurutan dan mendeteksi penyimpangan yang terjadi pada hasil pemeriksaan. Grafik ini dibuat dengan garis yang menandai nilai target (*mean*) dan nilai batas +1SD, +2SD, dan +3SD untuk setiap kontrol yang dipakai.

Menggunakan data *Quality Control* dengan mode *predilute* dan *level* QC tersebut adalah level normal. Sebanyak 40 data QC pada alat Mindray BC-5380 mode *Predilute* dihitung nilai *Mean*, Bias, SD dan CV. Hasil perhitungan data QC pada alat Mindray BC-5380 mode *Predilute* dapat dilihat pada tabel berikut:

Nilai *mean* masih dalam rentan nilai target kontrol dan nilai SD 0,32. Nilai CV yang menunjukkan angka 2,68%, jika dibandingkan dengan nilai CV pabrik masih dibawah 3%. Sedangkan pada nilai Bias yang didapat adalah 0,63 %, nilai tersebut masih dibawah nilai standart yaitu 10%. Tahap selanjutnya dihitung nilai six sigma dan data dievaluasi menggunakan grafik *Levey Jenning* serta *Westgard Rules*.

Nilai TE adalah 5,88, yang menandakan bahwa hasil masih memenuhi syarat standart menurut CLIA (*Clinical Laboratory Improvement Amendments*) yaitu masih dibawah nilai TEa yaitu 7 (Maharani et al., 2022). Sedangkan six sigma setelah dihitung adalah 6,76, nilai tersebut menunjukkan bahwa proses kinerja sangat baik.

Gambar 1. Hasil Evaluasi Grafik Levey-Jenning Dengan Aturan Westgard Rules



Gambar 1 yang sudah dievaluasi dengan grafik *Levey-Jenning* menggunakan aturan *Westgard Rules*, kontrol hemoglobin masuk dalam aturan 1_{2s} pada hari ke 5. Aturan ini dipakai sebagai warning rule untuk memicu dilakukannya inspeksi mendalam data kontrol dengan mengikuti aturan penolakan.

Pembahasan

Alat *hematology analyzer* yang digunakan adalah merk Mindray BC-5380 dengan mode *predilute*. Alat hematologi ini mempunyai spesifikasi yang cukup baik, dilengkapi dengan pembacaan 5 *diff* dan kecepatan pembacaan mencapai 60 tes/jam. Selain menggunakan darah lengkap sebagai sampel pada mode WB (*Whole Blood*), alat ini juga bisa menggunakan sampel darah kapiler pada mode PD (*Predilute*).

Hasil akurasi dan presisi pemeriksaan hemoglobin dapat ditentukan dengan memakai data pemeriksaan hemoglobin 44 sampel darah kapiler. Didapatkan nilai bias 2,58% pada pemeriksaan hemoglobin yang menandakan hasil pengerjaan akurat. Nilai bias adalah nilai yang digunakan untuk mengukur perbedaan hasil pengukuran nilai baku dengan bahan kontrol. Akurasi atau bias memiliki kemampuan untuk memperlihatkan seberapa dekat nilai yang didapatkan dengan *true value* (nilai sebenarnya). Akurasi dapat menandakan adanya *systematic error* (kesalahan sistematik). Nilai bias yang baik yaitu tidak melebihi $\pm 10\%$. Nilai bias yang kecil menandakan keakuratan hasil pemeriksaan (Puspita et al., 2024). Perhitungan bias% didapatkan dengan cara nilai mean dikurangi nilai target kemudian dibagi nilai target dan dikali 100%. Sedangkan nilai CV hemoglobin yang didapatkan adalah 5,52%, nilai tersebut dari perhitungan nilai SD dibagi dengan nilai mean dan dikalikan 100%. Nilai CV menggambarkan pekerjaan presisi/teliti. Nilai CV hemoglobin dibandingkan dengan nilai CV pabrik parameter hemoglobin dari alat Mindray BC-5380 mode *predilute* yang seharusnya $\leq 3\%$, maka nilai CV perhitungan masih terlalu tinggi. Hasil tersebut menggambarkan pekerjaan yang impresisi atau tidak teliti pada parameter hemoglobin.

Hasil impresisi menandakan adanya *random error* (kesalahan acak). Random error adalah kesalahan yang polanya tidak sama karena penyebabnya yaitu ketidakstabilan (Doni Setiawan, 2021; Maharani et al., 2022; Rosalina et al., 2023) (Puspita et al., 2024). Kesalahan ini dapat terjadi karena variasi acak yang tidak dapat dikendalikan oleh peneliti dalam melakukan pengukuran. Dalam buku Kendali Mutu yang dikeluarkan KEMENKES Edisi 2018 menyebutkan, kesalahan acak dalam pemeriksaan laboratorium disebabkan oleh instrumen yang tidak stabil, variasi temperatur, variasi reagen/ kalibrasi, variasi teknik pada prosedur pemeriksaan (pipetasi, pencampuran, waktu inkubasi), variasi operator/ analis. Pada penelitian (Kusmiati et al., 2022) juga menjelaskan, sebagian kesalahan meliputi kesalahan acak (*random error*) menimbulkan presisi hasil pengecekan kurang baik yang diakibatkan oleh kepekaan temperatur arus/tegangan listrik, waktu inkubasi, proses pengecekan serta metode pemipetan. Pada pembahasan buku Kendali Mutu KEMENKES Edisi 2018, ada cara untuk meminimalkan kesalahan acak dengan mengambil lebih banyak data maka kesalahan acak bisa dievaluasi lewat analisis statistik serta bisa dikurangi dengan rata-rata pada beberapa besar pengamatan dengan memperhatikan kestabilan instrumen, temperatur yang konstan, *reagen lot* yang sama, kalibrasi alat, teknik pipetasi yang benar, pencampuran, waktu inkubasi yang tepat, petugas laboratorium yang kompeten.

Selain menilai akurasi dan presisi pada sampel darah kapiler responden perlu juga menilai akurasi dan presisi pada bahan kontrol normal alat *hematology analyzer* Mindray BC-5380 mode *predilute*. Hal tersebut bertujuan untuk mendeteksi hasil yang tidak bisa diterima atau penyimpangan hasil uji dengan menggunakan aturan *Westgard Rules*. Selanjutnya dibuat grafik *Levey-Jennings* yang diawali dengan menentukan nilai mean, SD, dan nilai *range* kontrol yang telah diketahui. Berdasarkan tabel 5 didapatkan nilai bias yang cukup baik yaitu 0,63 %, nilai tersebut masih dibawah nilai standart yaitu 10%. Nilai bias menandakan akurasi dalam pemeriksaan QC hemoglobin. Sedangkan nilai CV yang terbentuk adalah 2,68 %, nilai ini juga masih dalam batas standar pabrik yaitu $< 3\%$ untuk parameter hemoglobin pada mode *predilute*. Maka dapat dijelaskan bahwa akurasi dan presisi dalam pemeriksaan kontrol level normal adalah baik.

Nilai TE dan *six sigma* juga dihitung dalam penelitian ini untuk memperkuat hasil analisis. Penilaian terhadap TE ada hasil kontrol hemoglobin level normal pada alat Mindray BC-5380 mode *predilute* diperoleh 5,58. Hasil ini masih kecil dibandingkan dengan nilai TEa kadar hemoglobin menurut CLIA tahun 2024 yang harus dibawah 7%. Sehingga dapat disimpulkan

kinerja pemeriksaan hemoglobin Mindray BC-5380 mode predilute adalah baik /akurat. Menurut *Westgard* 2017 yang dikutip (Yudita et al., 2023) menjelaskan nilai TE harus lebih kecil dari nilai TEa. Sedangkan nilai six sigma yang diperoleh pada pemeriksaan kontrol hemoglobin level normal mencapai 6,76. Pada penelitian (Kumar & Mohan, 2018) menyebutkan, dalam aturan *Westgard* hanya membutuhkan 1 level bahan kontrol yang diukur satu kali per hari dengan aturan penolakan 1_{3s} saja dengan ketentuan nilai sigma > 6 . Penelitian (Kumar & Mohan, 2018) juga menjelaskan bahwa six sigma merupakan cara yang baik untuk menilai kinerja analitis laboratorium kimia. Dengan demikian, analisis six sigma memberikan tolok ukur bagi laboratorium dalam merancang protokol untuk pemantapan mutu *internal* (PMI), mengatasi kinerja pengujian yang buruk, dan menilai efisiensi proses laboratorium yang ada (Maharani et al., 2022).

Evaluasi grafik *Levey-Jennings* pemeriksaan hemoglobin, menunjukkan adanya pelanggaran aturan 1_{2s} pada hari ke-5. Hal tersebut menandakan terjadinya kesalahan sistematis maupun kesalahan acak. Menurut penelitian Yudita,dkk (2023) dalam analisis grafik *Levey-Jennings* yang berlandaskan pada aturan *Westgard*, terdapat dua jenis kesalahan yang sering terjadi, yaitu kesalahan sistematis dan kesalahan acak. Kesalahan sistematis adalah kesalahan yang terjadi secara konsisten dengan pola yang sama, umumnya disebabkan oleh faktor-faktor seperti standar yang tidak memadai, prosedur kalibrasi yang buruk, atau instrumentasi yang kurang tepat. Kesalahan ini berpengaruh pada tingkat ketepatan (akurasi) hasil pemeriksaan. Di sisi lain, kesalahan acak ditandai oleh pola yang tidak menentu. Kesalahan ini biasanya disebabkan oleh ketidakstabilan dalam prosedur pemeriksaan, seperti masalah pada penangas air, pipet reagen, atau waktu inkubasi, yang semua ini berhubungan dengan tingkat ketelitian (presisi) hasil pemeriksaan. Adapun tindakan yang harus dilakukan adalah pengulangan pengukuran, kalibrasi alat, pengecekan alat secara berkala dan memperhatikan cara penyimpanan bahan kontrol, standar maupun kalibrator (Dingra et al., 2024).

Menurut CLIA (*Clinical Laboratory Standards Institute*), penggunaan dua tingkatan bahan kontrol merupakan praktik standar di setiap laboratorium. Namun, penggunaannya mengharuskan sesuai pengaturan masing-masing laboratorium untuk memperhitungkan potensi manfaat dan kekurangannya. Ada kekhawatiran bahwa penggunaan jumlah bahan kontrol yang berbeda dapat memengaruhi hasil penilaian instrumen analisis darah, sehingga penelitian ini hanya menggunakan kadar normal. Penelitian yang dilakukan oleh Praptomo dkk. (2021) lebih lanjut menjelaskan bahwa ketika dua tingkat kontrol direncanakan dan dievaluasi dengan cara yang menarik, perubahan dan tren dapat dideteksi lebih cepat daripada ketika hanya menggunakan satu tingkat kontrol. (Syahraini et al., 2023).

Tahap analitik dalam pengambilan sampel darah kapiler dan bahan kontrol kualitas dipengaruhi oleh teknik pemipetan. Dalam hal ini pemipetan menggunakan mikropipet yang sudah terkalibrasi secara berkala. Selain itu, menghapus bagian luar pipet dengan kasa atau tissue juga tidak lupa dilakukan, untuk meminimalkan kesalahan dalam pemeriksaan kadar hemoglobin. Kesalahan pemipetan dapat menyebabkan hasil kontrol yang tidak normal. Pastikan volume telah diatur dengan benar sebelum digunakan, kemudian sesuaikan volume. Tip harus steril, dan untuk mengurangi kontaminasi saat pemipetan, gunakan tip yang disimpan dalam kotak tip. Agar volume cairan yang dipipet tepat, mikropipet harus dipegang dalam posisi tegak lurus (Syahraini et al., 2023).

Pengambilan darah kapiler juga berperan penting dalam penelitian, jika tidak menguasai teknik dalam pengambilan akan mempengaruhi hasil kadar haemoglobin. Selain teknik pengambilan darah, mengatur kedalaman lancet juga tidak kalah penting yaitu menggunakan kedalaman 5 pada *penlancet*. Mengumpulkan sampel darah kapiler, sangat rentan terhadap kesalahan pengukuran jika standar kualitas tidak diperhatikan dengan baik (Neufeld et al., 2019).

4. Simpulan dan Saran

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai akurasi pemeriksaan kadar hemoglobin dengan alat *hematology analyzer* Mindray BC-5380 mode *predilute* menggunakan sampel darah kapiler didapatkan nilai bias 2,58% yang berarti nilai akurasi baik. Sedangkan nilai CV yang didapatkan adalah 5,52% yang berarti impresisi atau tidak presisi karena melebihi standar yang dikeluarkan pabrik yaitu < 3%.

Saran

Untuk penelitian lebih lanjut harus melakukan standarisasi teknik pengambilan darah kapiler, kontrol volume sampel, dan pencampuran yang baik. Menyarankan untuk menggunakan bahan kontrol dengan level normal, low, dan *high*.

5. Daftar Pustaka

- A'isy, D. R., Hadi, W. S., Shafriani, N. R., Hasil, A., Kualitas, K., Hemoglobin, P., Grafik, M., & Westgard, A. (2024). *Analisis kontrol kualitas hemoglobin hematologi analyzer puskesmas x menurut grafik levey-jennings dan six sigma*. 2(September), 1457–1465.
- Andreswari, D., Ernawati, & Azizih, B. S. (2017). Implementasi case based reasoning untuk diagnosa penyakit berdasarkan gejala klinis dan hasil pemeriksaan hematologi dengan probabilitas bayes. In *Rekursif* (Vol. 5, Issue 1, pp. 43–54).
- Arini, F. Y., Handayati, A., Astuti, S. S. E., & Anggraini, A. D. (2023). Uji Komparasi Hasil Pemeriksaan Hemoglobin Menggunakan Hematology Analyzer dan Hemoglobin Meter pada Pasien Kadar Normal dan Abnormal Rendah. *Jurnal Penelitian Kesehatan "Suara Forikes" (Journal of Health Research "Forikes Voice")*, 14(1), 235–238.
- Arni, D. S. (2022). Perbedaan Jumlah Trombosit Sampel Darah Vena dan Kapiler Menggunakan Micro Pipette Hematology Analyzer. *Repository Universitas Muhammadiyah Semarang*, 7, 6–18.
- Daves, M., Roccaforte, V., Lombardi, F., Panella, R., Pastori, S., Spreafico, M., Jani, E., & Piccin, A. (2024). Modern hematology analyzers: beyond the simple blood cells count (with focus on the red blood cells). *Journal of Laboratory and Precision Medicine*, 9, 1–9. <https://doi.org/10.21037/jlpm-23-32>
- Doni Setiawan, D. S. (2021). Hasil Pemantapan Mutu Internal Pemeriksaan HbA1c. *Jurnal Kesehatan STIKes Muhammadiyah Ciamis*, 7(2), 44–50. <https://doi.org/10.52221/jurkes.v7i2.94>
- Hoffman, M. S. F., McKeage, J. W., Xu, J., Ruddy, B. P., Nielsen, P. M. F., & Taberner, A. J. (2023). Minimally invasive capillary blood sampling methods. *Expert Review of Medical Devices*, 20(1), 5–16. <https://doi.org/10.1080/17434440.2023.2170783>
- Irawan, M. P., & Helviola, H. (2022). Kadar Kolesterol Darah Tanpa Usapan Dan Dengan Usapan Kapas Kering Metode Point of Care Testing (Poc). *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 2(1), 109–114. <https://doi.org/10.55681/sentri.v2i1.308>
- Kesuma, S., Syumarliyanty, M., & Hartono, A. R. (2021). Evaluasi Analitik Hematology Analyzer Diatron Abacus 3 Pada Parameter Hematologi Rutin Di Laboratorium Hematologi Poltekkes Kemenkes Kalimantan Timur. *The Journal Of Muhammadiyah Medical Laboratory Technologist*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.30651/jmlt.v4i1.6467>
- Kumar, B. V., & Mohan, T. (2018). Sigma metrics as a tool for evaluating the performance of internal quality. *Journal of Laboratory Physicians*, 10(2), 194–199. <https://doi.org/10.4103/JLP.JLP>
- 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. *JoIMedLabS*, 3(1), 27–37.

- Maharani, E. A., Erviani, R., Fajruni'mah, R., & Astuti, D. (2022). Penggunaan Six Sigma Sebagai Evaluasi Kontrol Kualitas Pada Hematology Analyzer Sysmex Xn-1000. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 14(2), 263–269. <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v14i2.2106>
- Neufeld, L. M., Larson, L. M., Kurpad, A., Mburu, S., Martorell, R., & Brown, K. H. (2019). Hemoglobin concentration and anemia diagnosis in venous and capillary blood: biological basis and policy implications. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1450(1), 172–189. <https://doi.org/10.1111/nyas.14139>
- Nirwani, Hartati, T., & Faruq, Z. H. (2018). Analisis Akurasi dan Presisi Alat Hematologi Analyzer ABX PENTRA XL 80 di Laboratorium Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang. *Manuscript Universitas Muhammadiyah Semarang*, 1–9.
- Pramita, L. L., & Wibawa, A. P. (2022). Perkembangan Teknologi Kesehatan di Era Society 5.0. *Jurnal Inovasi Teknik Dan Edukasi Teknologi*, 2(7), 307–313. <https://doi.org/10.17977/um068v1i72022p307-313>
- Puspita, D., Latudi, A., Amalia, A. A., Aulia, I., & Mu, U. (2024). Analisis Quality-Control HDL, LDL Dan Trigliserida Menggunakan Grafik Levey-Jennings Dan Six Sigma. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 5(3), 7887–7894.
- Rosalina, L., Oktarina, R., Rahmiati, & Saputra, I. (2023). *Buku Ajar Statistika* (pp. 1–132). CV. Muharika Rumah Ilmiah.
- Syahraini, Kesuma, S., & Irianti Rukmana, D. (2023). Gambaran Quality Control Alat Kimia Analyzer Rayto Chemray 120 Parameter Kreatinin Di Klinik Media Farma Samarinda. *Mahakam Medical Laboratory Technology Journal*, 3(1), 1–12.
- World Health Organization. (2010). WHO guidelines on drawing blood: best practices in phlebotomy. *World Health Organization*, 1–105.
- Yudita, F., Purbayanti, D., Ramdhani, F. H., & Jaya, E. (2023). Evaluasi Kontrol Kualitas Pemeriksaan Glukosa Darah di Laboratorium X Palangka Raya. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology*, 5(2), 358–365. <https://doi.org/10.33084/bjmlt.v5i2.5184>