

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian yang berjudul “Perbedaan Kadar Kolesterol Total Pada Pengujian Metode CHOD-PAP dengan Pemakaian Setengah Resep dan Satu Resep” telah dilaksanakan di RSUP dr.Sardjito dan Laboratorium Kimia Klinik Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Yogyakarta yang dimulai tanggal 19 Februari - 20 Februari 2025. Penelitian diawali dengan dilakukannya pemeriksaan serum kontrol pada alat *chemistry analyzer* guna mencegah terjadinya hasil yang tidak valid. Serum kontrol yang digunakan dalam pemeriksaan tersebut harus masuk dalam rentang nilai normal yang nantinya menandakan bahwa alat *chemistry analyzer* layak digunakan untuk pemeriksaan kadar kolesterol total dalam serum pasien.

Penelitian ini menggunakan sampel *pooled serum* di Instalasi Laboratorium Terpadu RSUP dr. Sardjito. Jumlah sampel yang dapat digunakan dalam penelitian ini adalah 20 sampel. Sampel serum yang digunakan adalah sampel serum yang tidak mengalami hemolisis, tidak lipemik dan tidak ikterik. Sampel serum yang telah memenuhi kriteria akan diperiksa kadar kolesterol totalnya menggunakan alat *chemistry analyzer* dengan prosedur setengah resep dan satu resep.

Sampel *pooled serum* diambil sebanyak 500 µl yang ditampung dalam *microtube* dengan volume 1,5 ml. Sampel serum tersebut kemudian ditutup dengan rapat dan segera dimasukkan ke *coolbox* yang sudah diisi dengan *ice gel* . Sampel tersebut kemudian segera dibawa untuk dilakukan pemeriksaan di Laboratorium Kimia Klinik Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.

Pemeriksaan kadar kolesterol total dalam serum dipastikan menggunakan reagen baru, tidak kadaluarsa, dan disimpan pada suhu yang sesuai pada kertas panduan reagen yaitu pada suhu 2⁰C – 8⁰C. Kadar kolesterol total diukur dengan metode fotometri menggunakan *chemistry analyzer*. Serum yang digunakan pada pemeriksaan kadar kolesterol total tidak membutuhkan jumlah yang banyak. Serum sisa penelitian ini akan diserahkan dan disimpan di Laboratorium Kimia Klinik Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Yogyakarta yang dapat digunakan sebagai bahan pembelajaran mahasiswa Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.

2. Hasil Penelitian

Data yang diperoleh dari penelitian ini merupakan kadar kolesterol total dalam serum pasien berupa *pooled serum* yang diperiksa menggunakan setengah resep dan satu resep. Jumlah data yang dibutuhkan sebanyak 40 data. Sebanyak 20 data hasil pemeriksaan

menggunakan satu resep dan 20 data hasil pemeriksaan menggunakan setengah resep. Data hasil pemeriksaan kadar kolesterol total dalam *pooled* serum pasien dapat dilihat di lampiran 3. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dan statistik.

Data yang diperoleh menunjukkan kadar kolesterol total dalam *pooled* serum pasien yang diperiksa menggunakan satu resep dan setengah resep tidak mengalami perbedaan kadar yang cukup jauh. Data yang telah diperoleh tersebut kemudian dianalisis secara deskriptif. Hasil analisis deskriptif kadar kolesterol total yang diperiksa menggunakan satu resep dengan setengah resep ditunjukkan pada tabel 10.

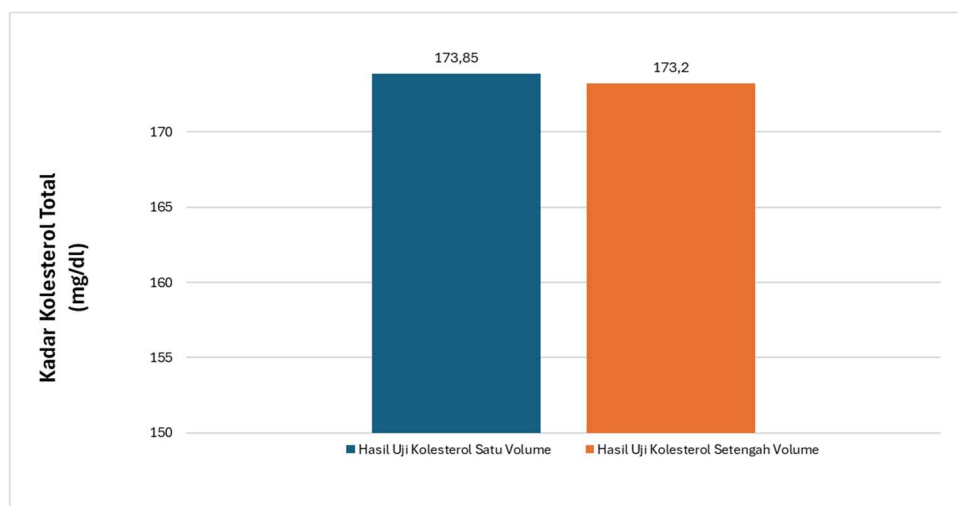
Tabel 7. Hasil Analisis Deskriptif

Prosedur Pemeriksaan	Mean	Median	Modus	Max	Min	SD
Satu Resep	173,85	163,5	Data amodal	249	109	40,7
Setengah Resep	173,2	172	146	247	104	39,9

Tabel 10. Menunjukkan hasil analisis deskriptif berupa mean, median, modus, nilai maksimal, nilai minimum dan standar deviasi pada kadar kolesterol total yang diperiksa dengan prosedur satu resep dan setengah resep. Nilai maksimal pada kadar kolesterol total yang diperiksa menggunakan prosedur satu resep mendapatkan nilai 249 mg/dL. Nilai maksimum pada kadar kolesterol total dengan pemeriksaan menggunakan prosedur setengah resep mendapatkan nilai 247 mg/dL. Nilai minimum pada kadar kolesterol total yang diperiksa

menggunakan prosedur satu resep mendapatkan nilai 109 mg/dL. Nilai minimum pada kadar kolesterol total yang diperiksa menggunakan prosedur setengah resep mendapatkan nilai 104 mg.dl.

Data yang diperoleh kemudian dicari rerata hasil pemeriksaan kadar kolesterol totalnya yang disajikan dalam bentuk diagram batang. Rerata hasil pemeriksaan kadar kolesterol total dalam *pooled serum* yang diperiksa menggunakan prosedur satu resep dan setengah resep dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan Rerata Kadar Kolesterol Total *Pooled Serum* Pasien yang Diperiksa Menggunakan Satu Resep dan Setengah Resep.

Gambar 7. Menunjukkan kadar kolesterol total dalam *pooled serum* pasien yang diperiksa menggunakan prosedur setengah resep memiliki hasil yang lebih rendah dibandingkan kadar kolesterol total yang diperiksa menggunakan satu resep. Rerata kadar kolesterol yang diperiksa menggunakan satu resep adalah 173,85 mg/dL. Rerata kadar

kolesterol total yang diperiksa menggunakan setengah resep adalah 173,2 mg/dL. Selisih rerata kadar kolesterol total yang diperiksa menggunakan satu resep dengan setengah resep ialah -0,6 mg/dL atau setara dengan -0,3%

Dari hasil analisis deskriptif, peneliti juga menganalisis derajat atau persen efektifitas yang akan dianalisis menurut literatur ekonomi terkait, dimana hasil analisis akan berpatokan pada tabel 8.

Tabel 8. Indikator efektifitas dalam ekonomi kesehatan

Indikator	Tidak Efektif	Kurang Efektif	Cukup Efektif	Efektif	Sangat Efektif
Dispersi Data	>100%	76-100%	51,75%	26-50%	<25%
Stabilitas Hasil	<0,70 atau >1,30	0,70-0,79 atau 1,21-1,30	0,80-0,89 atau 1,11-1,20	0,90-0,94 atau 1,06-1,10	0,95 - 1,05
Konsistensi	>0,40	0,31-0,40	0,21-0,30	0,11-0,20	<0,10

Sumber: Drummond et al. (2015)

Untuk membandingkan rasio efektifitasnya, maka dilakukan perhitungan lebih lanjut sesuai dengan parameter yang ada pada tabel 8. Hasil dari perhitungan efektifitas antara setengah resep dan satu resep dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan parameter efektifitas

Parameter	Satu Resep	Setengah Resep	Rasio
Mean	173,85	173,2	0,996
Dispersi Data	80,47%	82,56%	1,026
Stabilitas Hasil	0,94	0,99	1,053
Konsistensi	23,04% atau 0,23	23,41% atau 0,23	0,984

Pada nilai efektifitas absolut yang menggunakan nilai mean, kedua prosedur memiliki nilai mean yang hampir sama, dengan perbedaannya

hanya 0,4%. Lalu pada parameter stabilitas, setengah resep menunjukkan stabilitas hasil yang lebih baik dengan rasio median/mean yang lebih mendekati 1,00. Pada parameter konsistensi, setengah resep menunjukkan konsistensi yang sedikit lebih baik dengan koefisien variasi yang lebih rendah. Namun pada parameter dispersi, setengah resep memiliki nilai yang lebih tinggi namun ada pada indikator sedikit kurang efektif dibandingkan dengan satu resep.

Untuk membuat perbandingan yang lebih komprehensif, maka dilakukan perhitungan indeks efektivitas komposit yang menggabungkan berbagai parameter dengan bobot tertentu berdasarkan metodologi dari literatur ekonomi kesehatan sesuai pada tabel 10.

Tabel 10. Indeks Efektivitas Komposit

Parameter	Bobot	Satu Resep	Setengah Resep
Mean	30%	173,85 (30,0)	173,2 (29,9)
Stabilitas	25%	0,94 (21,2)	0,99 (25,0)
Konsistensi	25%	23,41% (16,7)	23,04% (17,4)
Dispersi Data	20%	80,47% (13,4)	82,56% (12,8)
Total Indeks Komposit	100%	81,3	85,1

Sumber: Drummond et al. (2015)

Berdasarkan analisis komprehensif, setengah resep menunjukkan efektivitas yang sedikit lebih baik dalam beberapa parameter kunci seperti stabilitas dan konsistensi, dengan perbedaan yang minimal dalam output absolut (mean).

Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah data primer. Data primer ini kemudian dianalisis secara statistik menggunakan *SPSS 23.0*

for windows dimulai dengan uji distribusi data menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dan dilanjutkan uji beda menggunakan *Paired Sampel T Test* dengan derajat kesalahan (α) sebesar 5%. Hasil analisis statistik dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Hasil Analisis Statistik

Uji Statistika				α	p
1.	T	Uji Distribusi Data	Satu Resep	0,05	0,218
			Setengah Resep	0,05	0,725
2.		Uji <i>Paired Sample t Test</i>		0,05	0,782

Tabel 11. Menunjukkan hasil analisis statistik dengan nilai *sig* pada uji distribusi data sampel *pooled* serum pasien yang diperiksa menggunakan prosedur satu resep mendapatkan hasil 0,218 sedangkan untuk yang prosedur setengah resep mendapatkan hasil 0,725 yang berarti data berdistribusi normal karna keduanya memiliki nilai $sig \geq 0,05$. Data tersebut kemudia dilanjutkan dengan uji t dua sampel berpasangan (*Paired Sampel t Test*) dan mendapatkan nilai *sig* 0,782 yang artinya tidak ada penurunan signifikan pada kadar kolesterol total *pooled* serum pasien yang diperiksa menggunakan prosedur satu resep dibandingkan dengan diperiksa menggunakan prosedur setengah resep. Hal ini disebabkan karena nilai $sig \geq 0,05$. Hasil uji paired sample t-test menunjukkan bahwa mean difference kadar kolesterol antara metode satu resep dan setengah resep adalah sebesar 0,650 mg/dL. Interval kepercayaan 95% untuk selisih rata-rata berada pada rentang -4,2 hingga 5,5 mg/dL, yang mencakup nilai nol. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara

kedua metode pemeriksaan.

Menurut standar CLIA (*Clinical Laboratory Improvement Amendments*), hasil pemeriksaan laboratorium kadar kolesterol total dapat diterima jika memiliki deviasi maksimal $\pm 10\%$ dari nilai referensi atau metode pembandingan. Dalam penelitian ini, rerata kadar kolesterol total menggunakan metode satu resep adalah 173,85 mg/dL, sehingga batas toleransi hasil uji berdasarkan CLIA adalah:

$$\pm 10\% \times 173,85 = \pm 17,39 \text{ mg/dL}$$

Dengan demikian, hasil dari metode modifikasi (setengah resep) dapat dianggap masih diterima secara klinis jika perbedaannya berada dalam rentang:

$$-17,39 \text{ mg/dL} \leq \text{perbedaan} \leq +17,39 \text{ mg/dL}$$

Hasil analisis menunjukkan bahwa selisih rerata kadar kolesterol antara metode satu resep dan setengah resep adalah 0,65 mg/dL, dengan interval kepercayaan (CI 95%) antara -4,2 hingga +5,5 mg/dL. Seluruh rentang interval kepercayaan tersebut berada di dalam batas toleransi CLIA, sehingga dapat disimpulkan bahwa metode modifikasi (setengah resep) masih memenuhi syarat akurasi klinis berdasarkan standar CLIA.

Dengan mempertimbangkan kesetaraan hasil tersebut, maka analisis selanjutnya difokuskan pada evaluasi efisiensi operasional dari masing masing metode, yang mencakup aspek biaya penggunaan reagen, bahas habis pakai, serta volume sampel yang dibutuhkan. Data-data mengenai hal tersebut disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 12. Uji Efisiensi

Barang	Jumlah	Total Harga	
		Satu Resep	Setengah Resep
Reagen Kolesterol Total	1 kali pemeriksaan	Rp4.345,-00 per ml	Rp2.172,099
Sprit	1 buah	Rp1.300,-00	Rp1.300,-00
Mikropipet	1 buah	Rp200,-00	Rp200,-00
Tip			
Tabung Reaksi Kecil	1 buah	Rp1.000,-00	Rp1.000,-00
Sarung tangan, alkohol swab dll	1 buh	Rp500,-00	Rp500,-00

Mindray BA-88A memiliki keunggulan berupa sistem reagen terbuka dan pengaturan fleksibel terhadap volume reagen dan sampel. Dalam penelitian ini, penggunaan volume reagen yang lebih kecil (0,5 mL) dan volume sampel yang lebih kecil (5 µL) pada metode setengah resep memungkinkan pengurangan konsumsi bahan secara signifikan.

$$\text{Efisiensi (\%)} = \left(\frac{\text{biaya satu resep} - \text{biaya setengah resep}}{\text{biaya satu resep}} \right) \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi (\%)} &= \left(\frac{7.345 - 5.172}{\text{biaya satu resep}} \right) \times 100\% \\ &= 29,58\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, total biaya operasional untuk pemeriksaan satu resep adalah sekitar Rp 7.345, sedangkan metode setengah resep hanya memerlukan Rp 5.172. Dengan demikian, terjadi efisiensi biaya operasional sebesar ± 29,58% per pemeriksaan.

Dalam literatur ilmiah, tidak terdapat ambang batas universal yang menetapkan persentase efisiensi tertentu sebagai standar untuk

menyatakan suatu metode lebih efisien. Namun, pendekatan seperti Cost-Benefit Analysis (CBA) menggunakan rasio manfaat terhadap biaya ($\Delta B/\Delta C$) sebagai indikator efisiensi.

Tabel 10. Kriteria efisiensi

	Nilai	Kriteria
R/C Ratio	< 1	Tidak efisien (rugi)
	= 1	Break-even point (BEP)
	> 1	Efisien (menguntungkan)
Rentabilitas	< 0%	Rugi
	0%	Impas
	> 0%	Untung

Sumber: Soekarwati, 2006

Menurut teori ekonomi kesejahteraan oleh Soekartawi, suatu proyek dianggap layak dan efisien jika rasio ini ≥ 1 , yang berarti manfaat tambahan setara atau melebihi biaya tambahan yang dikeluarkan (Soekartawi, 2006).

Dalam konteks laboratorium klinik, efisiensi sebesar 29,58% yang diperoleh dalam penelitian ini dapat dianggap signifikan, terutama jika kualitas hasil pemeriksaan tetap terjaga. Meskipun tidak ada persentase baku yang ditetapkan, efisiensi dalam kisaran ini menunjukkan penghematan biaya yang signifikan dan layak dipertimbangkan untuk diterapkan dalam praktik laboratorium.

Pengurangan ini tidak hanya berdampak pada efisiensi biaya bahan habis pakai, tetapi juga pada aspek pengelolaan limbah kimia dan efisiensi waktu, menjadikan metode setengah resep lebih unggul secara ekonomis dalam praktik laboratorium menggunakan alat seperti

Mindray BA-88A.

B. Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perbedaan kadar kolesterol serum yang diukur menggunakan metode CHOD-PAP dengan reagen DiaSys dan spektrofotometer Mindray BA-88A, dengan membandingkan penggunaan satu resep penuh dan setengah resep reagen. Hasil penelitian menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan antara kedua metode tersebut. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui stabilitas reaksi enzimatik, karakteristik kerja alat spektrofotometer, serta kualitas reagen yang digunakan. Pemahaman terhadap mekanisme ini penting untuk memastikan efisiensi penggunaan reagen tanpa mengorbankan akurasi hasil analitik (Tietz, 2006).

Metode CHOD-PAP melibatkan serangkaian reaksi enzimatik yang menghasilkan senyawa berwarna merah, di mana intensitas warnanya berbanding lurus dengan konsentrasi kolesterol dalam sampel. Proses ini dimulai dengan konversi kolesterol ester menjadi kolesterol bebas oleh kolesterol esterase, kemudian kolesterol bebas dioksidasi oleh kolesterol oksidase menghasilkan kolest-4-en-3-one dan hidrogen peroksida (H_2O_2). Hidrogen peroksida selanjutnya bereaksi dengan 4-aminoantipyrine dan fenol dalam reaksi yang dikatalisis oleh peroksidase, membentuk quinonimine berwarna merah (Thomas, 1998).

Karena semua reaksi ini bersifat stoikiometrik dan bergantung pada konsentrasi, bukan volume absolut, pengurangan volume reagen tidak mempengaruhi jumlah produk berwarna yang terbentuk selama rasio reagen dan sampel dipertahankan.

Dari perspektif kinetika enzim, reaksi enzimatik dalam metode ini mengikuti model Michaelis-Menten, di mana kecepatan reaksi akan mencapai maksimum saat konsentrasi substrat cukup tinggi namun belum melampaui saturasi enzim. Pada konsentrasi substrat yang digunakan dalam pemeriksaan kolesterol rutin, sistem tetap beroperasi dalam zona linear kinetika ini (Berg, Tymoczko, & Stryer, 2015). Oleh sebab itu, meskipun volume reagen dikurangi menjadi setengah, selama rasio antara enzim dan substrat tetap konsisten, hasil reaksi tetap proporsional terhadap konsentrasi kolesterol, memastikan ketepatan hasil pengukuran.

Mindray BA-88A, sebagai alat spektrofotometri klinis semi-otomatis, membaca hasil reaksi berdasarkan prinsip hukum Lambert-Beer, yang menyatakan bahwa absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi zat, ketebalan jalur optik, dan koefisien absorpsi molar (Skoog, Holler, & Crouch, 2013). Dengan kata lain, absorbansi tergantung pada konsentrasi analit, bukan pada volume total campuran. Karena itu, meskipun volume reaksi berkurang, selama konsentrasi kolesterol tetap, absorbansi yang diukur juga tetap sama, mendukung hasil penelitian yang menunjukkan tidak ada perbedaan kadar kolesterol

antara satu resep dan setengah resep.

Yang membedakan Mindray BA-88A dengan beberapa alat lain adalah sistem filter optiknya. Alat ini menggunakan filter interferensi tetap untuk memilih panjang gelombang spesifik. Dalam pemeriksaan kolesterol metode CHOD-PAP, panjang gelombang yang digunakan adalah sekitar 500 nm, yang merupakan puncak maksimum absorbansi produk reaksi (Mindray Co., Ltd., 2019). Filter ini memiliki bandwidth sempit dan transmisi tinggi, yang memungkinkan hanya panjang gelombang yang diinginkan yang diteruskan ke detektor. Ini penting untuk menjaga akurasi karena mengurangi noise optik, terutama saat volume reaksi kecil, di mana sinyal bisa lebih rentan terhadap fluktuasi.

Keunggulan filter optik tetap pada Mindray BA-88A tidak hanya pada seleksi panjang gelombang, tetapi juga pada kestabilan jangka panjang dan minimnya penyimpangan kalibrasi. Dengan filter yang stabil, fluktuasi kecil dalam intensitas sinyal akibat variasi volume atau kondisi sampel dapat diminimalkan (Harvey, 2000). Hal ini memastikan bahwa meskipun volume reaksi dikurangi, absorbansi yang terdeteksi tetap proporsional terhadap konsentrasi kolesterol dalam sampel, sehingga hasil pengukuran tetap valid dan akurat.

Selain itu, Mindray BA-88A dilengkapi dengan photodiode array detector yang sangat sensitif, mampu membaca perubahan absorbansi kecil dengan resolusi tinggi. Detektor ini memungkinkan pengukuran akurat meski volume campuran reaksi lebih kecil dari biasanya

(Rouessac & Rouessac, 2013). Ditambah dengan kontrol suhu internal yang mempertahankan suhu reaksi pada 37°C — suhu optimal untuk aktivitas enzimatis — alat ini mampu menjaga lingkungan reaksi tetap ideal, mencegah penurunan efisiensi reaksi akibat variasi temperatur.

Penelitian yang dilakukan oleh Santoso (2015) memaparkan mengenai metode GOD-PAP dalam pemeriksaan kadar gula darah dalam serum dengan membandingkan penggunaan satu resep penuh dan setengah resep reagen. Hasil yang diperoleh menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan antara kedua metode, baik dari segi nilai rata-rata kadar gula darah maupun uji statistik yang digunakan (Santoso, 2015). Santoso menjelaskan bahwa kestabilan hasil ini disebabkan oleh karakteristik kinetika enzimatis yang bersifat proporsional terhadap konsentrasi substrat, serta kemampuan sistem spektrofotometri untuk membaca absorbansi berbasis konsentrasi, bukan volume absolut, selama rasio reagen-sampel tetap konsisten.

Selaras dengan penelitian tersebut, Nurhayati (2019) juga melakukan studi serupa dan mendapatkan hasil yang sejalan, yaitu tidak adanya perbedaan bermakna antara penggunaan satu resep dan setengah resep reagen GOD-PAP dalam pemeriksaan gula darah. Nurhayati menegaskan bahwa faktor utama yang mendasari hasil tersebut adalah kestabilan enzim dalam reagen komersial modern serta akurasi sistem filter optik pada alat yang digunakan (Nurhayati, 2019). Dengan mempertahankan rasio reagen terhadap sampel dan menjaga konsentrasi

tetap sesuai, baik penelitian Nurhayati, Santoso, maupun penelitian ini sama-sama membuktikan bahwa efisiensi penggunaan reagen dapat dilakukan tanpa mengorbankan keakuratan hasil analisis.

Lebih lanjut, tidak adanya perbedaan kadar kolesterol antara satu resep dan setengah resep juga dapat dikaitkan dengan fakta bahwa dalam sistem spektrofotometri modern, pembacaan absorbansi sangat bergantung pada hubungan rasional antara analit dan reagen, bukan pada volume total campuran (Burtis, Ashwood, & Bruns, 2012). Selama campuran reaksi homogen dan konsentrasi zat aktif dalam sistem tetap stabil, alat seperti Mindray BA-88A mampu membaca absorbansi dengan ketelitian yang tinggi, bahkan dalam volume kecil. Ini memperjelas bahwa secara prinsip, volume kecil tidak secara otomatis menyebabkan kesalahan pembacaan, terutama dengan alat dan reagen yang sudah dioptimasi.

Akhirnya, integrasi antara kestabilan reaksi enzimatik, sistem optik filter warna Mindray BA-88A yang presisi, sensitivitas deteksi alat, seluruhnya berkontribusi terhadap konsistensi hasil penelitian ini. Tidak adanya perbedaan kadar kolesterol antara satu resep dan setengah resep menunjukkan bahwa laboratorium dapat mengoptimalkan penggunaan reagen untuk efisiensi biaya tanpa mengorbankan kualitas data analisis, sejalan dengan prinsip efisiensi dan akurasi dalam praktik laboratorium klinis modern (Westgard, 2010).