



Homepage Journal: <https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS>

Validasi Metode Pengujian Glukosa Urine dengan Metode Benedict dan GOD-PAP Melalui Pembacaan Kolorimetri Berbasis Smartphone

Validation of Urine Glucose Testing Methods Using the Benedict and GOD-PAP Methods Through Smartphone-Based Colorimetric Readings

Liza Fauziah Nurul Khasanah Putri¹, Titin Aryani², Arifiani Agustin Amalia³

¹Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, lizafauziahputri@gmail.com

²Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, titinaryanipurnama@gmail.com

³Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, agustinarifiani@unisayogya.ac.id

*Corresponding Author: E-mail: titinaryanipurnama@gmail.com

Artikel Penelitian

Article History:

Received: 30 Apr, 2026

Revised: 18 May, 2026

Accepted: 25 Jun, 2026

Kata Kunci:

Glukosa urine;

Benedict;

GOD-PAP;

Smartphone

Keywords:

Urine glucose;

Benedict;

GOD-PAP;

Smartphone

DOI:

[10.56338/jks.v9i6.11798](https://doi.org/10.56338/jks.v9i6.11798)

ABSTRAK

Pemeriksaan glukosa urine berperan penting dalam diagnosis dan pemantauan diabetes melitus. Metode *Benedict* dan *Glucose Oxidase-Peroxidase* (GOD-PAP) memiliki keterbatasan, sehingga diperlukan alternatif yang lebih praktis melalui pemanfaatan *smartphone* sebagai alat pembaca kolorimetri. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan validasi metode pengujian glukosa urine menggunakan metode *Benedict* dan GOD-PAP berbasis *smartphone*. Penelitian ini merupakan studi eksperimental dengan parameter validasi meliputi akurasi, presisi, linearitas, dan evaluasi grafik *Levey-Jennings*. Sampel berupa urine dengan penambahan glukosa 100 mg/dL yang diuji sebanyak 16 kali. Hasil menunjukkan metode *Benedict* memiliki akurasi berdasarkan nilai bias sebesar -6,37%, presisi berdasarkan nilai CV% sebesar 5,78%, dan koefisien determinasi (R^2) 0,9141, sedangkan metode GOD-PAP memiliki akurasi berdasarkan nilai bias sebesar 8,91%, presisi berdasarkan nilai CV% 0,90%, dan R^2 0,9901. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa pengujian glukosa urine metode *Benedict* dan GOD-PAP berbasis kolorimetri menggunakan *smartphone* dapat digunakan sebagai alternatif metode yang praktis dan cukup akurat. Metode GOD-PAP berbasis *smartphone* memiliki performa analitik yang lebih unggul dibandingkan metode *Benedict*.

ABSTRACT

Urine glucose testing has an important role in the diagnosis and monitoring of diabetes mellitus. The *Benedict* and *Glucose Oxidase-Peroxidase* (GOD-PAP) methods have limitations,

necessitating a more practical alternative through the use of smartphones as colorimetric readers. This study aims to validate urine glucose testing methods using smartphone-based Benedict and GOD-PAP methods. This study is an experimental study with validation parameters including accuracy, precision, linearity, and evaluation of the Levey-Jennings graph. The samples consisted of urine spiked with 100 mg/dL of glucose, tested 16 times. The results showed that the Benedict method had an accuracy based on a bias value of -6.37%, precision based on a CV% of 5.78%, and a coefficient of determination (R^2) of 0.9141, while the GOD-PAP method had an accuracy based on a bias value of 8.91%, precision based on a CV% of 0.90%, and an R^2 of 0.9901. The conclusion of this study indicates that colorimetric urine glucose testing using the Benedict and GOD-PAP methods via a smartphone can serve as a practical and sufficiently accurate alternative. The smartphone-based GOD-PAP method demonstrates superior analytical performance compared to the Benedict method.

PENDAHULUAN

Diabetes melitus (DM) merupakan penyakit kelainan metabolisme yang ditandai dengan meningkatnya kadar glukosa dalam tubuh atau hiperglikemia karena kekurangan insulin, resistensi insulin atau keduanya (Hardianto, 2021). Diabetes melitus masih menjadi salah satu perhatian utama dalam masalah kesehatan global. *International Diabetes Federation* (IDF) memperkirakan bahwa jumlah penderita diabetes mellitus di dunia akan terus meningkat yaitu sebanyak 783 juta pada tahun 2045. Indonesia menjadi negara tertinggi kelima dengan jumlah penderita diabetes terbanyak di dunia dengan jumlah kasus sebanyak 19,5 juta pada tahun 2021. Peningkatan prevalensi diabetes ini merupakan peringatan serius, terutama terkait risiko terjadinya berbagai komplikasi kesehatan. Salah satu kondisi yang dapat terjadi akibat peningkatan kadar glukosa darah adalah glukosuria (Pongoh, 2020)

Glukosuria merupakan kondisi yang ditandai dengan meningkatnya ekskresi glukosa melalui urine. Urine tidak mengandung glukosa pada kondisi normal. Meskipun sejumlah kecil glukosa dapat terfiltrasi di ginjal, tubulus ginjal akan menyerap kembali hampir seluruhnya sehingga tidak diekskresikan. Namun, pada kondisi tertentu ketika kadar glukosa darah melebihi ambang ginjal, kemampuan reabsorpsi tubulus menjadi terbatas. Akibatnya, sebagian glukosa tidak dapat diserap kembali dan dikeluarkan melalui urine. Ambang batas ginjal terhadap glukosa berkisar antara 160–180 mg/dL (Pongoh, 2020). Jika nilai tersebut terlampaui, ginjal tidak mampu menahan kelebihan glukosa sehingga terjadi ekskresi glukosa dalam urine. Hal ini menunjukkan bahwa pemeriksaan kadar glukosa urine memiliki peran penting sebagai pemeriksaan penunjang dalam diagnosis diabetes melitus (Andriani & Handayani, 2022).

Pemeriksaan glukosa urine merupakan parameter laboratorium yang digunakan untuk menilai kadar glukosa tubuh, membantu menegakkan diagnosis diabetes, dan memantau efektivitas terapi (Rahmatunisa et al., 2021). Beberapa metode pemeriksaan glukosa urine yaitu *Benedict* dan *Glucose Oxidase-Peroxidase Aminoantipyrine Phenol* (GOD-PAP) (Raviani et al., 2025). Kedua metode tersebut didasarkan pada metode kolorimetri. Kolorimetri merupakan suatu teknik analisis kuantitatif yang digunakan untuk menentukan konsentrasi suatu zat berdasarkan intensitas cahaya warna larutan (Jefriyanto et al., 2017).

Metode *Benedict* merupakan metode kolorimetri yang menggunakan reagen kimia klasik dan telah lama digunakan untuk mendeteksi gula reduksi, termasuk glukosa dalam urine. Metode *Benedict* bekerja berdasarkan prinsip reaksi reduksi oksidasi yaitu ion Cu^{2+} dalam reagen direduksi menjadi Cu_2O yang berwarna merah bata ketika bereaksi dengan gula reduksi (Bishop *et al.*, 2017). Keunggulan metode *Benedict* antara lain harganya yang sangat terjangkau, stabilitas penyimpanan yang baik, tidak memerlukan kondisi khusus, serta mudah diracik (Napitupulu, 2021). Penggunaan reagen *Benedict* secara konvensional masih memiliki kelemahan signifikan, yaitu hasil yang diperoleh cenderung bersifat kualitatif atau semi-kuantitatif. Penilaian hasil bergantung pada pengamatan visual terhadap perubahan warna, sehingga rentan terhadap subjektivitas pemeriksa dan ketidakseragaman interpretasi (Su *et al.*, 2023).

Metode GOD-PAP memiliki akurasi tinggi dan spesifisitas yang baik. Prinsip pemeriksaan metode ini yaitu asam glukonat dan H_2O_2 dihasilkan melalui oksidasi enzimatik sampel glukosa dengan enzim GOD yang kemudian bereaksi dengan fenol dan 4-aminoantipirin membentuk *quinonemine* yang berwarna merah (Wulandari *et al.*, 2024). Kelemahan dari metode ini yaitu memerlukan alat pembaca seperti fotometer atau spektrofotometer yang memiliki ukuran yang cukup besar sehingga memiliki mobilitas yang kurang fleksibel, sehingga alat tidak bisa digunakan jika terdapat pemeriksaan kunjungan di lapangan. Ketergantungan pada alat membuat akses pemeriksaan glukosa dapat mengalami kendala (Sukmamei, 2018).

Smartphone membuka alternatif dalam pengembangan metode kolorimetri yang lebih sederhana namun tetap akurat melalui kamera *smartphone* dengan mengukur intensitas warna melalui analisis citra digital (Su *et al.*, 2023). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *smartphone* dapat dimanfaatkan sebagai alat pembaca kolorimetri yang akurat melalui analisis citra digital, namun hingga saat ini pemanfaatan teknologi *smartphone* dalam pengujian kadar glukosa urine dengan metode GOD-PAP dan *Benedict* masih sangat terbatas. Pengembangan metode pemeriksaan glukosa urine menggunakan metode GOD-PAP dengan pembacaan kolorimetri berbasis *smartphone* dapat menjadi metode alternatif bagi fasilitas kesehatan yang tidak memiliki alat fotometer atau pada kondisi lapangan yang membutuhkan peralatan portabel atau dengan mobilitas tinggi (Sukmamei, 2018). Selain itu, metode ini dapat memberikan hasil pengujian glukosa urine menggunakan reagen *Benedict* secara kuantitatif (Dinkova & Avila-alejandro, 2020).

Sampel urine dipilih dalam penelitian ini dikarenakan sesuai dengan prinsip metode *Benedict*. Selain itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi penerapan metode GOD-PAP yang umumnya digunakan pada darah, untuk diaplikasikan pada urine. Penggunaan matriks atau sampel yang sama memungkinkan perbandingan kedua metode menjadi lebih valid serta mendukung pengembangan metode analisis berbasis sampel urine. Sampel darah tidak digunakan karena memiliki matriks yang lebih kompleks, terutama adanya kandungan protein yang dapat mengganggu pemeriksaan. Sebagian besar protein total dalam plasma darah tersusun atas sekitar 60% albumin dan 40% globulin (Munabari & Syahputra, 2022). Proses pemanasan sebagai salah satu tahap krusial pada metode *Benedict* dapat menyebabkan protein mengalami denaturasi sehingga sampel menjadi keruh atau menggumpal serta berpotensi mengganggu hasil pengukuran. Sampel urine dapat digunakan secara langsung, namun apabila kadar glukosa melebihi 500 mg/dL maka perlu dilakukan pengenceran agar tetap berada dalam rentang linear metode (Glory Diagnostics, 2022).

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode GOD-PAP dan *Benedict* dengan pembacaan kolorimetri berbasis *smartphone* relevan untuk dikembangkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melakukan validasi metode pengujian glukosa urine menggunakan metode GOD-PAP dan *Benedict* dengan pembacaan kolorimetri berbasis *smartphone* sebagai alternatif metode pemeriksaan glukosa urine. Sebagai langkah untuk memastikan bahwa metode ini memiliki kelayakan untuk digunakan sebagai alternatif pengujian glukosa urine, maka pada penelitian ini akan dilakukan validasi metode terhadap pemeriksaan glukosa urine metode *Benedict* berbasis *smartphone*.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, yaitu melakukan pemeriksaan kadar glukosa urine menggunakan metode GOD-PAP dan *Benedict* berdasarkan pembacaan intensitas warna menggunakan metode kolorimetri berbasis *smartphone*. Data yang diperoleh diolah dan dianalisis menggunakan *Microsoft Excel* untuk menilai akurasi, presisi, linearitas, dan grafik *Levey-Jennings* dari metode ini. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas ‘Aisyiyah Yogyakarta pada bulan Januari-Maret 2026. Waktu penelitian tersebut mencakup tahap persiapan, tahap pelaksanaan, sampai tahap penyusunan skripsi.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh sampel urine yang digunakan sebagai bahan pemeriksaan. Sampel dalam penelitian ini adalah sampel urine yang ditambahkan glukosa dengan konsentrasi 100 mg/dL untuk memperoleh larutan uji yang digunakan dalam proses validasi metode. Kriteria inklusi sampel yaitu sampel urine dengan penambahan glukosa dengan konsentrasi 100 mg/dL, sampel urine sewaktu, sampel urine tidak terkontaminasi. Kriteria eksklusi meliputi sampel urine dari pasien yang sedang mengonsumsi obat-obatan yang dapat memengaruhi hasil pemeriksaan, sampel urine dengan volume yang tidak mencukupi untuk pemeriksaan, dan sampel urine yang mengalami perubahan fisik atau rusak. Penentuan jumlah pengulangan pemeriksaan menggunakan rumus Federer dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}(r - 1)(t - 1) &\geq 15 \\(r - 1)(2 - 1) &\geq 15 \\(r - 1)(1) &\geq 15 \\r - 1 &\geq 15 \\r &= 15 + 1 \\r &= 16\end{aligned}$$

Keterangan:

r: Jumlah pengulangan pemeriksaan

t: Jumlah kelompok (kelompok standar dan sampel)

15: Derajat bebas galat

Jumlah pengulangan pemeriksaan pada masing-masing kelompok ditentukan berdasarkan perhitungan Federer, yaitu sebanyak 16 kali. Penelitian ini terdiri atas dua kelompok perlakuan, yaitu kelompok standar dan kelompok sampel pada masing-masing metode. Data diperoleh melalui pengambilan gambar sebanyak 5 kali pada setiap pengukuran.

PROSEDUR PENELITIAN

Pemeriksaan Glukosa Urine Metode *Benedict*

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain tabung reaksi, mikropipet *adjustable*, lampu spiritus, penjepit tabung, rak tabung, neraca analitik, labu ukur 100 ml, gelas beaker, sonikator, kamera *smartphone* (merek Samsung A52, resolusi kamera belakang 64 *megapixel*), tripod, *light box*, aplikasi *Color Identification*. Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain urine sewaktu, reagen *Benedict*, bubuk glukosa, akuades.

Prosedur

Uji saring urine kontrol negatif

Sebanyak 250 μ L sampel urine ditambahkan dengan 500 μ L reagen *Benedict*. Campuran kemudian dipanaskan hingga mendidih. Hasil uji dinyatakan memenuhi syarat apabila tidak terjadi perubahan warna, yaitu tetap berwarna biru, yang menunjukkan hasil negatif terhadap kandungan glukosa dalam urine.

Pembuatan sampel urine uji dengan penambahan glukosa konsentrasi 100 mg/dL

Glukosa ditimbang sebanyak 20 mg, dilarutkan dalam 20 mL urine sewaktu. Larutan tersebut selanjutnya dihomogenkan menggunakan sonikator selama 5 menit hingga tercampur merata. Sampel urine yang telah homogen siap untuk dilakukan pengujian.

Pembuatan Larutan Standar Glukosa

Disiapkan beberapa tingkat konsentrasi, yaitu 0, 100, 200, dan 300 mg/dL. Masing-masing larutan dibuat dengan cara menimbang glukosa sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur. Selanjutnya, glukosa dilarutkan menggunakan akuades hingga mencapai volume akhir 100 mL, kemudian dihomogenkan menggunakan sonikator selama 5 menit hingga larutan tercampur merata.

Pemeriksaan Sampel Uji

Tabung reaksi disiapkan untuk blanko (akuades) serta sampel (reagen dan sampel urine uji). Sebanyak 500 μ L reagen *Benedict* dimasukkan ke dalam masing-masing tabung sampel, kemudian ditambahkan 250 μ L sampel urine uji. Sebanyak 500 μ L akuades dimasukkan ke dalam tabung blanko. Seluruh larutan kemudian dihomogenkan secara perlahan, lalu dipanaskan menggunakan lampu spiritus hingga mendidih dan terjadi perubahan warna, selanjutnya didinginkan pada suhu ruang. Perubahan warna yang terbentuk diamati dan dianalisis secara kuantitatif berupa nilai *Red*, *Green*, dan *Blue* (RGB) menggunakan aplikasi kolorimetri yaitu *Color Identification*. Pemeriksaan dilakukan sebanyak 16 kali pengulangan untuk masing-masing standar dan sampel.

Pemeriksaan Deret Standar

Tabung reaksi disiapkan untuk blanko (akuades) dan standar (reagen serta larutan standar glukosa dengan konsentrasi 100, 200, dan 300 mg/dL). Sebanyak 500 μ L reagen *Benedict* dimasukkan ke dalam masing-masing tabung standar, kemudian ditambahkan 250 μ L larutan standar glukosa sesuai konsentrasi ke dalam masing-masing tabung. Sebanyak 500 μ L akuades dimasukkan ke dalam tabung blanko. Seluruh larutan kemudian dihomogenkan secara perlahan, lalu dipanaskan menggunakan lampu spiritus hingga mendidih dan terjadi perubahan warna, selanjutnya didinginkan pada suhu ruang. Perubahan warna yang terbentuk diamati dan dianalisis secara kuantitatif berupa nilai RGB menggunakan aplikasi kolorimetri yaitu *Color Identification*. Pemeriksaan dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan untuk masing-masing konsentrasi standar.

Pemeriksaan Glukosa Urine Metode GOD-PAP**Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain tabung vial, mikropipet *adjustable*, gelas beaker, sonikator, kamera *smartphone* (merek Samsung A52, resolusi kamera belakang 64 *megapixel*), tripod, *light box*, aplikasi *Color Identification*. Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain urine sewaktu, kit reagen GOD-PAP merek *Glory Diagnostic*, akuades.

Prosedur**Pembuatan sampel urine uji dengan penambahan glukosa konsentrasi 100 mg/dL**

Glukosa ditimbang sebanyak 20 mg, dilarutkan dalam 20 mL urine sewaktu. Larutan tersebut selanjutnya dihomogenkan menggunakan sonikator selama 5 menit hingga tercampur merata. Sampel urine yang telah homogen siap untuk dilakukan pengujian.

Pengenceran Larutan Standar Glukosa

Pengenceran larutan standar glukosa dilakukan berdasarkan rumus pengenceran ($C_1V_1 = C_2V_2$), dengan keterangan C_1 = konsentrasi awal; V_1 = volume akhir; C_2 = konsentrasi akhir; V_2 = volume akhir. Larutan standar glukosa dengan konsentrasi 100 mg/dL diencerkan untuk memperoleh konsentrasi yang lebih rendah, yaitu 50 mg/dL dan 75 mg/dL. Setiap larutan standar dibuat hingga mencapai volume akhir sebesar 1 mL. Pembuatan larutan standar glukosa konsentrasi 50 mg/dL dilakukan dengan memipet 500 μ L larutan standar glukosa 100 mg/dL, kemudian ditambahkan 500 μ L akuades. Larutan dihomogenkan hingga tercampur sempurna. Pembuatan larutan standar glukosa konsentrasi 75 mg/dL dilakukan dengan memipet 750 μ L larutan standar glukosa 100 mg/dL, kemudian ditambahkan 250 μ L akuades. Larutan dihomogenkan hingga tercampur sempurna.

Pemeriksaan Sampel Uji

Tabung vial disiapkan untuk blanko (akuades) dan sampel (reagen serta sampel urine uji). Sebanyak 1000 μ L reagen GOD-PAP dimasukkan ke dalam masing-masing tabung sampel, kemudian ditambahkan 10 μ L sampel urine uji. Sebanyak 1000 μ L akuades dimasukkan pada tabung blanko. Seluruh larutan kemudian dihomogenkan secara perlahan, lalu diinkubasi selama 10 menit. Setelah itu, perubahan warna yang terbentuk diamati dan dianalisis secara kuantitatif berupa nilai RGB menggunakan aplikasi kolorimetri *Color Identification*. Pemeriksaan dilakukan sebanyak 16 kali pengulangan untuk masing-masing standar dan sampel.

Pemeriksaan Deret Standar

Tabung vial disiapkan untuk blanko (akuades), dan standar (reagen serta larutan standar glukosa dengan konsentrasi 50, 75, dan 100 mg/dL). Sebanyak 1000 μ L reagen GOD-PAP dimasukkan ke dalam masing-masing tabung standar, kemudian ditambahkan 10 μ L larutan standar glukosa sesuai konsentrasi ke dalam masing-masing tabung standar. Sebanyak 1000 μ L akuades dimasukkan pada tabung blanko. Seluruh larutan kemudian dihomogenkan secara perlahan, lalu diinkubasi selama 10 menit hingga terjadi perubahan warna. Perubahan warna yang terbentuk diamati dan dianalisis secara kuantitatif berupa nilai RGB menggunakan aplikasi kolorimetri yaitu *Color Identification*, kemudian pemeriksaan dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan untuk masing-masing standar.

Perhitungan Konsentrasi Sampel

Intensitas Warna

Nilai RGB hasil pembacaan kamera *smartphone* dikonversi menjadi nilai intensitas warna dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu memilih sinyal yang sensitif diantara RGB atau menghitung mean dari pengulangan pengambilan foto sebanyak 5 kali, seperti pada rumus (estimasi kasar) di bawah:

$$I = \frac{(R + G + B) + (R + G + B) + (R + G + B) + (R + G + B) + (R + G + B)}{5}$$

Keterangan:

I = Intensitas

Absorbansi Semu

$$A_s = \frac{I_0}{I_s}$$

Keterangan:

A_s = absorbansi semu sampel

I_0 = intensitas blanko

I_s = intensitas standar/sampel

Perhitungan Kadar Glukosa

Setelah absorbansi semu sampel (A_S) diperoleh, maka kadar glukosa dihitung dengan:

$$K_{Sampel} = \frac{A_{Sampel}}{A_{Standar}} \times K_{Standar}$$

Keterangan:

K_{Sampel} = konsentrasi sampel glukosa (mg/dL)

A_{Sampel} = absorbansi semu sampel

$A_{Standar}$ = absorbansi semu sampel

$K_{Standar}$ = konsentrasi standar glukosa (100 mg/dL)

1. Validasi Metode**Akurasi**

$$d\% = \frac{(\bar{x} - NA)}{NA} \times 100\%$$

Keterangan:

$d\%$ = nilai bias

$\bar{x}$ = nilai mean pemeriksaan bahan kontrol

NA = nilai aktual (benar) bahan kontrol

Presisi

$$CV = \frac{SD}{Mean} \times 100\%$$

Keterangan:

CV = nilai koefisien variasi (%)

SD = standar deviasi

Mean = nilai rata-rata dari seluruh hasil pengukuran

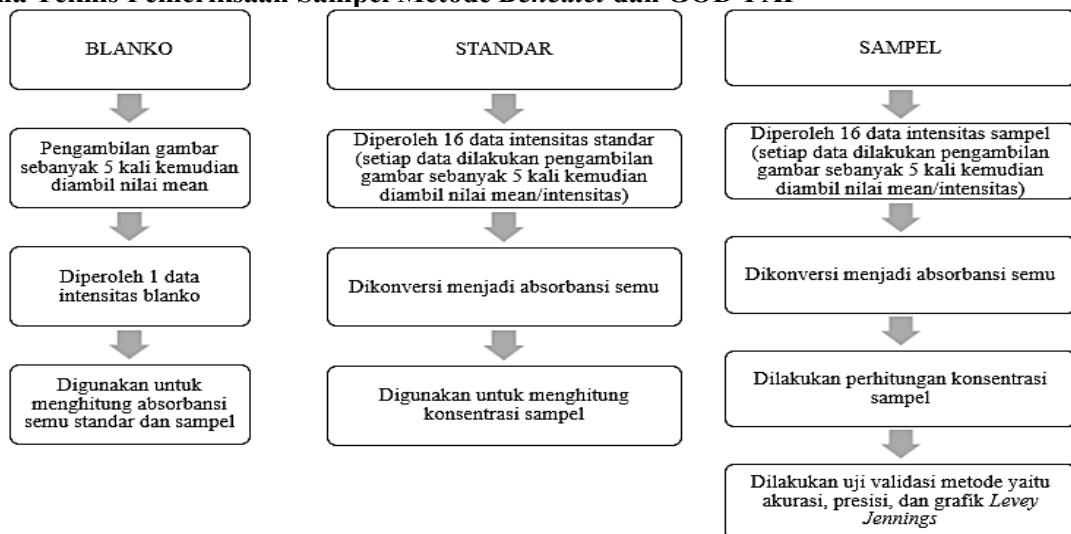
Linearitas

Penentuan linieritas dilakukan dengan mengukur nilai absorbansi dari larutan standar pada berbagai konsentrasi pada panjang gelombang maksimum. Data absorbansi tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan persamaan regresi linier untuk memperoleh koefisien korelasi. Berdasarkan nilai koefisien korelasi tersebut, linieritas metode dapat dievaluasi, dengan kriteria linieritas yang baik apabila nilai koefisien korelasi $\geq 0,997$.

Grafik Levey-Jennings

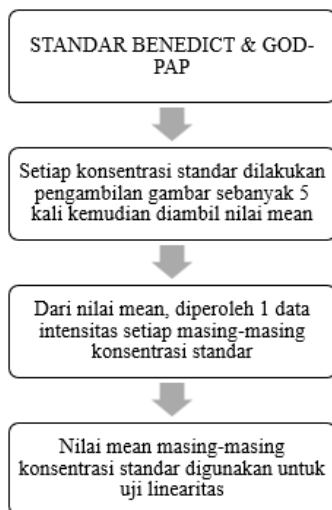
Grafik *Levey-Jennings* yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Levey-Jennings within day*. Grafik ini menggambarkan hasil pengukuran sampel yang dilakukan berulang kali pada hari yang sama, kemudian diplot terhadap nilai mean dan batas kendali yang ditentukan berdasarkan Standar Deviasi (SD).

Skema Teknis Pemeriksaan Sampel Metode *Benedict* dan GOD-PAP



Gambar 1. Skema Teknis Pemeriksaan Sampel

Skema Teknis Pemeriksaan Deret Standar *Benedict* (0, 100, 200, 300 mg/dL) dan GOD-PAP (0, 50, 75, 100 mg/dL)



Gambar 2. Skema Teknis Pemeriksaan Deret Standar

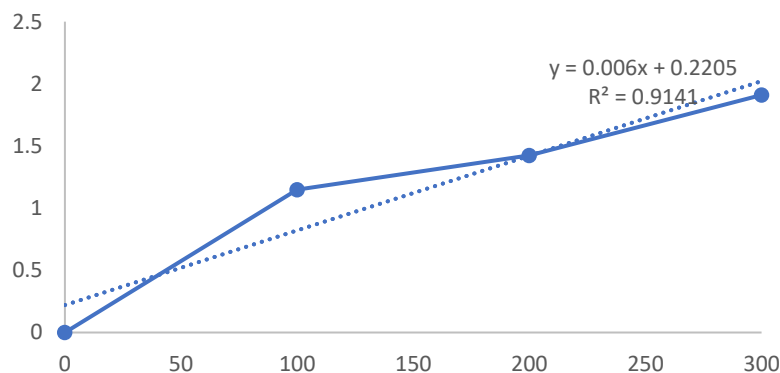
HASIL**Pemeriksaan Glukosa Urine Metode *Benedict*
Uji Akurasi dan Presisi**Tabel 1. Hasil Uji Akurasi dan Presisi Pengujian Glukosa Urine Metode *Benedict*

Parameter	Hasil
Mean	93,63 mg/dL
Standar Deviasi (SD)	5,41
Akurasi (d%)	-6,37%
Presisi (CV%)	5,78%

Berdasarkan tabel di atas, hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai mean konsentrasi glukosa sampel urine yang diperoleh adalah 93,63 mg/dL dengan nilai SD sebesar 5,41. Akurasi diperoleh nilai d% sebesar -6,37% menunjukkan adanya bias negatif, dimana hasil pengukuran cenderung lebih rendah dibandingkan nilai sebenarnya. Hasil masih dinyatakan akurat karena nilai d% berada dalam rentang $\leq 10\%$ (Putra *et al.*, 2017). Batas maksimum koefisien variasi (CV) pada pemeriksaan glukosa adalah $\leq 5\%$ (Siregar *et al.*, 2018). Hasil uji presisi menunjukkan nilai CV sebesar 5,78%, yang mengindikasikan bahwa presisi sedikit melebihi batas penerimaan.

Uji LinearitasTabel 2. Data Uji Linearitas Pengujian Glukosa Urine Metode *Benedict*

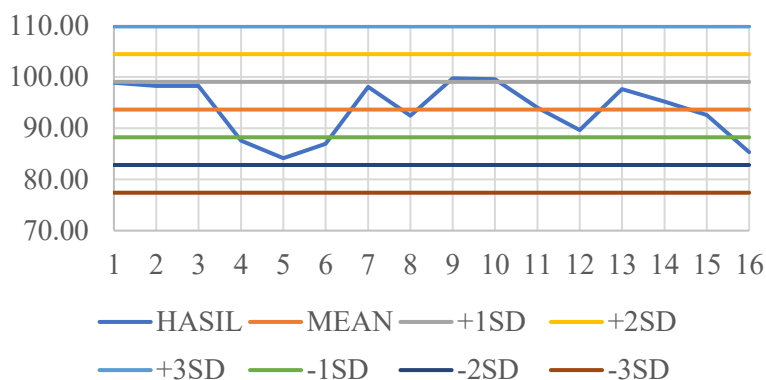
Konsentrasi (mg/dL)	Absorbansi
0	0
100	1,150
200	1,425
300	1,910

Gambar 3. Uji Linearitas Pengujian Glukosa Urine Metode *Benedict*

Berdasarkan analisis regresi linier diperoleh persamaan garis $y = 0,006x + 0,2205$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0,9141. Kriteria penerimaan nilai koefisien korelasi yaitu $\geq 0,997$ (Widyasmara *et al.*, 2025). Meskipun nilai R^2 yang diperoleh belum mencapai kriteria linearitas, hasil ini masih menunjukkan adanya hubungan linear yang cukup baik dan menunjukkan bahwa metode

kolorimetri berbasis *smartphone* mampu mendeteksi perubahan konsentrasi glukosa melalui perubahan intensitas warna hasil reaksi *Benedict*.

Grafik Levey-Jennings



Gambar 4. Grafik Levey-Jennings Pengujian Glukosa Urine Metode *Benedict*

Berdasarkan grafik yang diperoleh, seluruh hasil pengukuran berada dalam rentang ± 3 SD, sehingga tidak terjadi pelanggaran aturan $1s$ yang mengindikasikan adanya kesalahan acak. Selain itu, tidak ditemukan dua hasil berturut-turut yang berada di luar batas ± 2 SD pada sisi yang sama, sehingga aturan $2s$ tidak dilanggar, yang menunjukkan tidak adanya kesalahan sistematis selama proses pengukuran. Pola distribusi data tidak menunjukkan adanya empat titik berturut-turut yang melewati batas ± 1 SD pada sisi yang sama dari garis mean, sehingga aturan $4s$ tidak terpenuhi. Tidak ditemukan juga sepuluh hasil pengukuran berturut-turut yang berada pada satu sisi garis mean (aturan $10x$), sehingga pada pengujian glukosa urine metode *Benedict* tidak ditemukan pelanggaran terhadap aturan *Westgard*. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengujian berada dalam kondisi terkendali dan memiliki kestabilan hasil yang baik selama pengujian.

Pemeriksaan Glukosa Urine Metode *GOD-PAP*

Uji Akurasi dan Presisi

Tabel 3. Hasil Uji Akurasi dan Presisi Pengujian Glukosa Urine Metode *GOD-PAP*

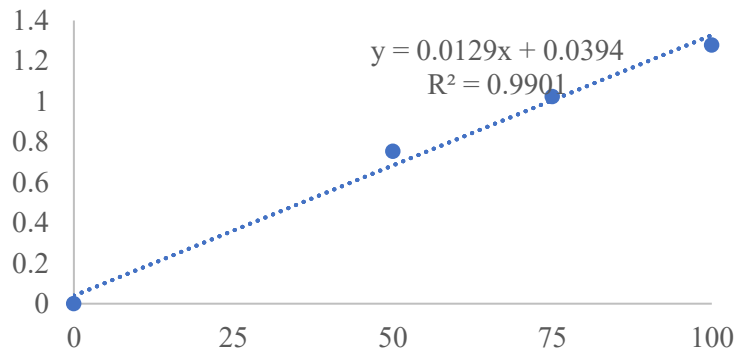
Parameter	Hasil
Mean	108,91 mg/dL
Standar Deviasi (SD)	0,98
Akurasi (d%)	8,91%
Presisi (CV%)	0,90%

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh nilai mean konsentrasi glukosa sampel urine sebesar 108,91 mg/dL dengan nilai SD sebesar 0,98. Hasil perhitungan akurasi menunjukkan nilai d% sebesar 8,91%. Nilai tersebut masih berada dalam batas penerimaan akurasi yaitu $\leq 10\%$ (Putra *et al.*, 2017), sehingga metode ini dapat dikategorikan memiliki tingkat akurasi yang baik. Hasil uji presisi menunjukkan nilai koefisien variasi (CV) sebesar 0,90%. Batas minimum nilai CV% untuk pemeriksaan glukosa adalah $\leq 5\%$ (Siregar *et al.*, 2018), sehingga dari pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa metode *GOD-PAP* memiliki hasil pengukuran yang konsisten pada pengujian berulang.

Uji Linearitas

Tabel 4. Data Uji Linearitas Pengujian Glukosa Urine Metode GOD-PAP

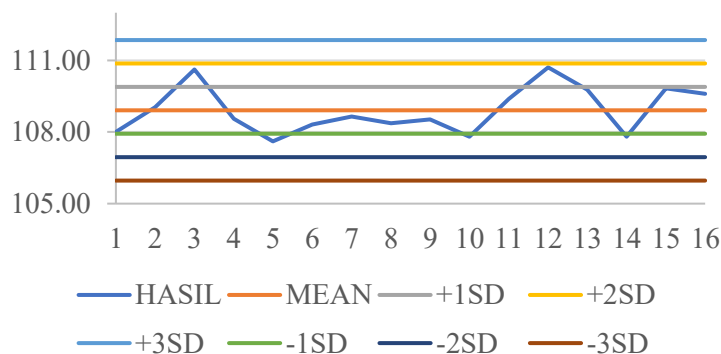
Konsentrasi (mg/dL)	Absorbansi
0	0
50	0,753
75	1,024
100	1,279



Gambar 5. Uji Linearitas Pengujian Glukosa Urine Metode GOD-PAP

Berdasarkan analisis regresi linier diperoleh persamaan garis $y = 0,0129x + 0,0394$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9901. Kriteria penerimaan nilai koefisien korelasi yaitu $\geq 0,997$ (Widyasmara *et al.*, 2025). Nilai koefisien determinasi tersebut menunjukkan adanya hubungan linear yang sangat kuat antara konsentrasi glukosa dengan nilai absorbansi. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi glukosa berbanding lurus dengan peningkatan intensitas warna yang terbentuk pada reaksi enzimatik GOD-PAP.

Grafik Levey-Jennings



Gambar 6. Grafik Levey-Jennings Pengujian Glukosa Urine Metode GOD-PAP

Grafik *Levey-Jennings* pada gambar di atas menunjukkan hasil pemantauan kontrol kualitas pemeriksaan glukosa menggunakan metode GOD-PAP selama 16 kali pengukuran. Garis tengah (mean)

berada pada nilai sekitar 109 mg/dL, yang merupakan nilai rata-rata dari data kontrol. Berdasarkan grafik tersebut, seluruh hasil pengukuran berada dalam rentang ± 3 SD, sehingga tidak terjadi pelanggaran aturan $1s$ yang mengindikasikan adanya kesalahan acak. Selain itu, tidak ditemukan dua hasil berturut-turut yang berada di luar batas ± 2 SD pada sisi yang sama, sehingga aturan $2s$ tidak dilanggar, yang menunjukkan tidak adanya kesalahan sistematik selama proses pengukuran. Pola distribusi data tidak menunjukkan adanya empat titik berturut-turut yang melewati batas ± 1 SD pada sisi yang sama dari garis mean, sehingga aturan $4s$ tidak terpenuhi. Tidak ditemukan sepuluh hasil pengukuran berturut-turut yang berada pada satu sisi garis mean (aturan $10x$), sehingga pada pengujian glukosa urine metode GOD-PAP tidak ditemukan pelanggaran terhadap aturan *Westgard*. Hal ini menunjukkan bahwa metode pemeriksaan glukosa dengan metode GOD-PAP memiliki stabilitas yang baik selama periode pengujian.

Perbandingan Hasil Pengujian Glukosa Urine dengan Metode *Benedict* dan GOD-PAP

Tabel 5. Perbandingan Hasil Pengujian Glukosa Urine

Parameter	<i>Benedict</i>	GOD-PAP
Akurasi (%)	-6,37	8,91
Presisi (%)	5,78	0,90
Linearitas	0,9141	0,9901
Grafik <i>Levey-Jennings</i>	Tidak ada yang mengikuti aturan <i>Westgard</i>	Tidak ada yang mengikuti aturan <i>Westgard</i>

DISKUSI

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode pengujian glukosa urine berbasis kolorimetri menggunakan *smartphone* memiliki kinerja analitik yang bervariasi antara metode *Benedict* dan metode GOD-PAP. Perbedaan ini dipengaruhi oleh prinsip reaksi, serta faktor teknis selama proses pengukuran.

Berdasarkan pengujian glukosa metode *Benedict*, diperoleh nilai rata-rata konsentrasi glukosa sampel sebesar 93,63 mg/dL dengan akurasi berdasarkan nilai d% sebesar -6,37%. Nilai bias (d%) merupakan parameter ketepatan (akurasi) yang menggambarkan kedekatan hasil pemeriksaan terhadap nilai target atau nilai sebenarnya. Menurut Putra *et al.* (2017), hasil dinyatakan akurat apabila nilai d% berada dalam rentang $\leq 10\%$. Metode *Benedict* didapatkan hasil bias negatif yaitu terdapat kecenderungan hasil berada dibawah nilai sebenarnya. Bias negatif yang terjadi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti ketidakkonsistenan proses pemanasan, variasi intensitas pencahayaan saat pengambilan gambar, serta keterbatasan sensitivitas metode terhadap perubahan konsentrasi glukosa. Hal ini sejalan dengan Bishop *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa reaksi *Benedict* bergantung pada reduksi ion Cu^{2+} menjadi Cu_2O yang menghasilkan perubahan warna, sehingga hasil sangat dipengaruhi oleh kondisi reaksi, seperti suhu dan waktu pemanasan.

Akurasi metode GOD-PAP diperoleh nilai bias sebesar 8,91% dengan nilai rata-rata konsentrasi glukosa sampel sebesar 108,91 mg/dL. Metode ini memiliki nilai bias berada dalam batas penerimaan yaitu $\leq 10\%$ (Putra *et al.*, 2017), sehingga dapat dikatakan bahwa Metode enzimatis GOD-PAP memiliki tingkat akurasi yang baik. Hal ini selaras dengan penelitian Litaay *et al.* (2025), yang menyatakan yang menyatakan metode GOD-PAP dikenal memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam pemeriksaan kadar glukosa. Enzim glukosa oksidase (GOD) bersifat sangat spesifik terhadap β -D-glukosa, sehingga reaksi yang terjadi selektif dan memiliki interferensi minimal dari senyawa lain.

Presisi merupakan kemampuan suatu metode untuk menghasilkan nilai yang konsisten pada setiap pengulangan pemeriksaan (Siregar *et al.*, 2018). Tingkat presisi dinyatakan melalui koefisien variasi (CV), dimana nilai yang lebih kecil menunjukkan tingkat ketelitian metode dan instrumen yang lebih tinggi. Batas minimum nilai CV% untuk pemeriksaan glukosa adalah $\leq 5\%$ (Siregar *et al.*, 2018). Hal ini juga sejalan dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 43 Tahun 2013 tentang

penyelenggaraan laboratorium yang baik, batas maksimum nilai koefisien variasi (CV) pada pemeriksaan glukosa adalah 5% (Kemenkes RI, 2013). Merujuk pada penelitian yang telah dilakukan, metode *Benedict* didapatkan hasil CV sebesar 5,78%, yang menunjukkan bahwa nilai tersebut sedikit melebihi batas penerimaan dan menunjukkan adanya variasi antar pengukuran yang relatif lebih besar. Menurut Su *et al.* (2023), metode berbasis reaksi kimia non-enzimatik cenderung memiliki variabilitas lebih tinggi dibandingkan metode enzimatik.

Di sisi lain, Metode GOD-PAP menunjukkan presisi yang lebih baik dengan nilai CV sebesar 0,90%. Nilai presisi yang sangat rendah menunjukkan tingkat reproduksibilitas yang tinggi, sehingga metode ini lebih baik dalam pengukuran berulang. Hal ini sesuai dengan teori bahwa metode enzimatik memiliki spesifisitas yang tinggi terhadap glukosa, karena melibatkan reaksi enzim glukosa oksidasi yang secara selektif mengoksidasi glukosa menjadi asam glukonat dan hidrogen peroksida, yang kemudian bereaksi menghasilkan senyawa berwarna (Sukmamei, 2018).

Uji linearitas menggambarkan hubungan linier antara absorbansi dengan konsentrasi analit. Syarat linearitas terpenuhi apabila nilai koefisien korelasi (R^2) antara konsentrasi dan absorbansi yaitu $\geq 0,997$ (Yunisari & Utomo, 2025). Nilai linearitas metode *Benedict* menunjukkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9141, yang mengindikasikan hubungan yang cukup kuat antara konsentrasi dan absorbansi, namun belum memenuhi kriteria linearitas. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Benedict* berbasis *smartphone* masih memiliki keterbatasan dalam kuantifikasi, sehingga lebih sesuai digunakan sebagai metode skrining atau semi-kuantitatif. Kemudian, hasil uji linearitas pengujian glukosa urine metode GOD-PAP menunjukkan nilai R^2 sebesar 0,9901 yang mengindikasikan hubungan linear yang kuat antara konsentrasi glukosa dan absorbansi. Nilai tersebut juga belum memenuhi kriteria linearitas, namun dibandingkan dengan metode *Benedict*, metode GOD-PAP lebih mendekati syarat linearitas yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa metode GOD-PAP berbasis *smartphone* memiliki potensi sebagai metode kuantitatif alternatif. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa metode GOD-PAP memiliki akurasi dan linearitas tinggi dibandingkan metode konvensional berbasis reaksi kimia (Raviani *et al.*, 2025).

Evaluasi menggunakan grafik *Levey-Jennings* menunjukkan bahwa metode *Benedict* dan GOD-PAP tidak ada yang mengikuti aturan *Westgard*. Hal ini menunjukkan bahwa kedua metode berada dalam batas kendali tanpa adanya pola kesalahan sistematis maupun acak serta memiliki stabilitas dan konsistensi yang baik selama proses pengujian.

Pemanfaatan *smartphone* sebagai alat pembaca kolorimetri dalam penelitian ini, khususnya pada metode *Benedict* untuk mengkuantifikasi hasil, serta dalam pengembangan metode pengujian glukosa urine metode GOD-PAP yang lebih portabel dan terjangkau, menunjukkan potensi yang besar. Dibalik potensi besar tersebut, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, antara lain proses pengujian yang relatif lebih lama karena adanya tahapan konversi dari intensitas warna menjadi konsentrasi sampel. Selain itu, hasil pengukuran sangat dipengaruhi oleh faktor teknis, seperti standarisasi kondisi pengambilan gambar, meliputi pencahayaan, jarak kamera, serta jenis atau merek *smartphone* yang digunakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian validasi metode pengujian glukosa urine menggunakan metode *Benedict* dan *Glucose Oxidase–Peroxidase Aminoantipyrine Phenol* (GOD-PAP) dengan pembacaan kolorimetri berbasis *smartphone*, dapat disimpulkan bahwa kedua metode menunjukkan kinerja analitik yang cukup baik.

Metode GOD-PAP menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan metode *Benedict*. Hal ini terlihat dari nilai akurasi, GOD-PAP memiliki nilai d% yang lebih mendekati dengan nilai sebenarnya yaitu 8,91% dibandingkan *Benedict* (-6,37%). Presisi metode GOD-PAP juga lebih unggul dengan nilai CV yang jauh lebih rendah (0,90%) dibandingkan *Benedict* (5,78%), yang menunjukkan

hasil pengukuran lebih konsisten. GOD-PAP memiliki nilai linearitas sebesar 0,9901, lebih tinggi dibandingkan *Benedict* (0,9141), sehingga menunjukkan hubungan yang lebih baik antara konsentrasi dan absorbansi yang dihasilkan. Grafik Levey-Jennings dari kedua metode tidak ada yang mengikuti aturan Westgard. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode GOD-PAP berbasis *smartphone* memiliki performa analitik yang lebih unggul dibandingkan metode *Benedict*.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar penelitian selanjutnya menggunakan variasi konsentrasi glukosa yang lebih rendah, karena pada konsentrasi yang diuji masih diperoleh nilai absorbansi yang relatif tinggi. Untuk meningkatkan ketelitian, disarankan memilih salah satu komponen sinyal RGB yang paling sensitif dalam penentuan absorbansi semu, serta menggunakan *smartphone* dengan spesifikasi kamera beresolusi lebih tinggi. Selain itu, perlu dilakukan perbandingan langsung dengan metode standar laboratorium, seperti spektrofotometer atau fotometer.

REFERENSI

- Andriani, W. R., & Handayani, I. D. (2022). Pengetahuan Dalam Mengontrol Kadar Gula Darah Pasien Diabetes Melitus Tipe 2 (DMT2). *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4, 28–42.
- Bishop, M., Fody, E., & Schoeff, L. (2017). *Clinical Chemistry: Principles Techniques Correlations*. USA: Wolters Kluwer.
- Dinkova, T. D., & Avila-alejandre, A. X. (2020). Quantification of Reducing Sugars Based on the Qualitative Technique of *Benedict*. *ACS Omega*, 5. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c04467>
- Glory Diagnostics. (2022). *Glucose Liquid Reagent (Glory Diagnostics) Package Insert*. Glory Diagnostics.
- Hardianto, D. (2021). Telaah Komprehensif Diabetes Melitus: Klasifikasi, Gejala, Diagnosis, Pencegahan, Dan Pengobatan. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBI)*, 7(2), 304–317. <https://doi.org/10.29122/jbbi.v7i2.4209>
- Jefriyanto, W., Shein, M. M., Rajak, A., & Djamal, M. (2017). Prosiding Snips 2017 Rancang Bangun Kolorimeter Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Prosiding Snips 2017*, 87–94.
- Kemendes RI. (2013). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2013 Tentang Cara Penyelenggaraan Laboratorium Klinik yang Baik*. Kementerian Kesehatan RI.
- Litaay, Q. A., Widyantara, A. B., & Anwar, C. (2025). Perbandingan Kadar Glukosa Sewaktu Metode GOD-PAP dan POCT di Desa Nogotirto Dusun Kaingan Kecamatan Gamping Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan Mahasiswa Malikussaleh*, 4(5), 60–68.
- Munabari, F., & Syahputra, A. (2022). Pengaruh Penggunaan Spesimen Serum Dan Plasma Edta Terhadap Kadar Total Protein. *Jurnal Pranata Biomedika*, 1(2), 134–140.
- Napitupulu, L. (2021). Gambaran Hasil Pemeriksaan Glukosa Urin Menggunakan Metode *Benedict* Dan Carik Celup Pada Penderita Diabetes Melitus. *The Indonesian Journal of Medical Laboratory*, 2(1), 12–17.
- Pongoh, N. J. (2020). Comparison Of Urine Glucose Levels In Diabetes Melitus Type 2 Using Reduction And Optical Density Methods. *Journal of Health, Technology and Science*, 1(1), 41–49.
- Putra, M. D. K., Umar, J., Hayat, B., & Utomo, A. P. (2017). Pengaruh Ukuran Sampel Dan Intraclass Correlation Coefficients (Icc) Terhadap Bias Estimasi Parameter Multilevel Latent Variable Modeling: Studi Dengan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan*, 21(1).
- Rahmatunisa, A. N., Ali, Y., & Ms, E. M. (2021). Perbandingan Hasil Pemeriksaan Glukosa Darah Pada Serum Segera Dan Ditunda Selama 24 Jam. *Prepotif Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5, 1180–1185.

- Raviani, S., Amalia, A. A., & Anwar, C. (2025). Uji Presisi Kadar Glukosa dengan Metode GOD-PAP Enzimatis Menggunakan Sampel Serum dan Plasma. *Jurnal Kesehatan Cendekia Jenius*, 3(1).
- Siregar, Tuntun, M., Wulan, W. S., & Setiawan, D. (2018). *Bahan Ajar Teknologi Laboratorium Medik Kendali Mutu*. Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia.
- Su, K., Xiang, G., Cui, C., Xiuming, J., Yaming, S., Wenjie, Z., & Lijun, H. (2023). Smartphone based Colorimetric determination of Glucose in Food samples Based on the Intrinsic Peroxidase Like Activity of Nitrogen-doped carbon dots Obtained from Locusts. *Arabian Journal of Chemistry*, 16.
- Sukmamei, E. M. (2018). *Perbedaan Kadar Asam Urat Serum Alat Semi Auto Chemistry Analyzer Dan Point Of Care Testing (POCT)*. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Widyasmara, A., Pratiwi, A., & Roziafanto, N. (2025). Uji Kesesuaian Sistem, Spesifitas, Linearitas dan Presisi pada Penetapan Kadar Vitamin E 75 HP dalam Bahan Awal Vitamin E 75 HP secara Ultra High Performance Liquid Chromatography (UHPLC) Ultraviolet Detection. 49(2), 78–85.
- Wulandari, S. R., Permatasari, L., Sari, A., Ruella, N., & Barat, N. T. (2024). Review : Metode-Metode Pemeriksaan Glukosa Darah. *Pharmaceutical Scientific Journal*, 03(01), 85–95.
- Yunisari, Y. D., & Utomo, Y. (2025). Verifikasi metode penentuan kadar nitrit secara spektrofotometri visibel berdasarkan SNI 06-6989.9-2004. *Jurnal Penelitian Sains*, 27(November 2024), 1–4.