Borneo Journal Of Medical Laboratory Technology
BJMLT
http://journal.umpalangkaraya.ac.id/index.php/bjmlt

Inovasi Metode Kolorimetri Berbasis *Smartphone* untuk Pengujian Glukosa Urine Metode GOD-PAP

Innovation of Smartphone-Based Colorimetric Method for Urine Glucose Testing GOD-PAP Method

Nurafifatun Nawariah[1]

Titin Aryani[2]

Havida Widyastuti[3]

[1]Universitas Aisyiyah Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

[2]Universitas Aisyiyah Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

[3]Universitas Aisyiyah Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

*email: naw140505@gmail.com

Abstrak

Diabetes melitus merupakan gangguan metabolik global yang memerlukan skrining glukosuria secara praktis dan non-invasif. Tingginya prevalensi penyakit diabetes melitus menuntut adanya metode deteksi dini yang efisien, ekonomis dan mudah diakses guna mengoptimalkan pelayanan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi kinerja inovasi metode kolorimetri berbasis *smartphone* pada pengujian glukosa urine menggunakan metode GOD-PAP. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorik dengan menangkap intensitas warna kompleks quinoneimine hasil reaksi melalui kamera *smartphone* di dalam *lightbox* untuk menjaga stabilitas pencahayaan, yang kemudian dianalisis menggunakan kanal *Green* pada aplikasi identifikasi warna. Validasi metode mencakup uji akurasi, presisi, linearitas, dan pengendalian mutu grafik Levey-Jennings. Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata kadar glukosa sebesar 102,06 mg/dL nilai bias dengan akurasi (d%) sebesar 2,06% dan presisi (CV%) sebesar 3,38%. Kedua nilai tersebut memenuhi syarat keberterimaan karena berada di bawah batas 10%. Uji linearitas menghasilkan persamaan regresi y = 0,0141x + 0,0622 dengan koefisien determinasi R^2 = 0,9774, yang menunjukkan hubungan kuat antara konsentrasi glukosa dan absorbansi. Grafik Levey-Jennings menunjukkan data yang terkendali, meskipun terdapat satu titik peringatan (*warning*) pada aturan 1_2s. Kesimpulan dari penelitian ini adalah metode kolorimetri berbasis *smartphone* memiliki kinerja yang baik dan valid, sehingga berpotensi menjadi solusi pemeriksaan glukosa urine yang praktis dan ekonomis untuk layanan kesehatan primer maupun pemantauan mandiri.

Kata Kunci:
Glukosa Urine, *Smartphone*, Kolorimetri, GOD-PAP, Validasi Metode

Keywords:
Urine glucose, Smartphone, Colorimetric, GOD-PAP, Method Validation

Abstract

Diabetes mellitus is a global metabolic disorder requiring practical and non-invasive screening for glucosuria. The high prevalence of diabetes mellitus necessitates efficient, economical, and accessible early detection methods to optimize healthcare services. This study aimed to develop and evaluate the performance of an innovative smartphone-based colorimetric method for urine glucose testing using the GOD-PAP method. An experimental laboratory approach was employed, capturing the color intensity of the quinoneimine complex—produced by the reaction—via a smartphone camera inside a lightbox to ensure lighting stability; the images were then analyzed using the Green channel in a color identification application. Method validation included assessments of accuracy, precision, and linearity, as well as quality control using Levey-Jennings charts. The results showed a mean glucose level of 102.06 mg/dL, with an accuracy (bias/d%) of 2.06% and a precision (CV%) of 3.38%. Both values met acceptance criteria, falling below the 10% threshold. Linearity testing yielded the regression equation y = 0.0141x + 0.0622 with a coefficient of determination (R^2) of 0.9774, indicating a strong relationship between glucose concentration and absorbance. The Levey-Jennings chart indicated controlled data, despite a single warning point based on the 1_2s rule. In conclusion, the smartphone-based colorimetric method demonstrated good and valid performance, offering potential as a practical and economical solution for urine glucose testing in primary healthcare settings and for self-monitoring.

PENDAHULUAN

Diabetes melitus (DM) adalah suatu kelainan dari proses metabolisme karbohidrat di dalam tubuh yang ditandai dengan meningkatnya kadar glukosa dalam darah (hiperglikemia) akibat kelainan sekresi insulin, fungsi insulin, atau bahkan keduanya (Rakhmawati, A., 2025). Metabolisme glukosa dimulai dari karbohidrat pada makanan diubah menjadi glukosa, yang berguna sebagai energi bagi tubuh manusia. Hormon insulin mengubah glukosa dalam darah menjadi energi yang digunakan sel, jika kebutuhan energi telah mencukupi kebutuhan glukosa disimpan dalam bentuk glikogen dalam hati dan otot yang nantinya digunakan lagi sebagai energi setelah direkonversi menjadi glukosa. Proses penyimpanan dan rekonversi ini membutuhkan insulin (Rahmawati *et al*, 2025).

Diabetes melitus (DM) terjadi karena produksi insulin di dalam tubuh berkurang jumlahnya, Glukosa yang tidak dapat dimanfaatkan oleh sel hanya terakumulasi di dalam darah dan beredar ke seluruh tubuh. Kadar glukosa yang tinggi di dalam darah akan dikeluarkan melalui urine, tingginya glukosa dalam urine membuat penderita banyak kencing (polyuria), akibatnya muncul gejala kehausan dan keinginan minum yang terus menerus (polydipsi) dan gejala banyak makan (polypasia) (Rahmawati *et al*, 2025).

Pemeriksaan glukosa pada urine merupakan metode skrining awal yang bersifat non-invasif untuk mengidentifikasi adanya glukosuria, khususnya pada individu dengan risiko diabetes. Prosedur ini tergolong praktis, cepat, serta tidak memerlukan pengambilan sampel darah, sehingga dapat dimanfaatkan dalam layanan kesehatan primer maupun untuk pemantauan mandiri (*American Diabetes Association*, 2022).

Metode yang paling sering digunakan di laboratorium untuk analisis glukosa urine adalah metode enzimatik *Glucose Oxidase–Peroxidase Aminoantipyrine Phenol* (GOD-PAP). Metode ini memungkinkan enzim *glucose oxidase* mengoksidasi glukosa sehingga menghasilkan hidrogen peroksida, yang kemudian bereaksi dengan *aminoantipyrine* dan fenol membentuk zat pewarna *quinoneimine* berwarna merah muda. Intensitas warna yang muncul berbanding lurus dengan kadar glukosa dan umumnya diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 505 nm (Subiyono *et al,* 2016).

Sejalan dengan dengan kemajuan teknologi, kamera pada *smartphone* kini memiliki resolusi serta sensitivitas cahaya yang semakin tinggi, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai sensor optik dalam analisis kolorimetri. Perangkat ini mampu menangkap perubahan warna yang terjadi akibat reaksi kimia dan mengolah intensitas warna tersebut melalui parameter *Red Green Blue* (RGB) menggunakan aplikasi atau perangkat lunak tertentu. Berbagai studi melaporkan bahwa teknik kolorimetri berbasis *smartphone* dapat diterapkan dalam analisis kimia, termasuk untuk deteksi nitrit, kolesterol, hemoglobin, hingga glukosa (Lopez-Ruiz *et al*, 2022).

Menurut penelitian Soni & Jha (2022) menunjukkan bahwa analisis kolorimetri berbasis *smartphone* dapat menghasilkan kinerja yang mendekati instrumen laboratorium standar, terutama ketika kondisi pencahayaan dikendalikan dengan baik menggunakan *color chamber* atau kotak iluminasi yang stabil. Selain itu, *smartphone* memiliki keunggulan berupa portabilitas, kemudahan operasional, serta biaya penggunaan yang jauh lebih rendah dibandingkan spektrofotometer, sehingga sangat berpotensi diterapkan pada pemeriksaan *point-of-care-testing* (POCT) maupun pemantauan mandiri di rumah.

Penelitian mengenai pemanfaatan *smartphone* khusus untuk metode GOD-PAP pada glukosa urine masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi kinerja metode kolorimetri berbasis *smartphone* melalui proses validasi yang mencakup uji akurasi, presisi, linearitas, serta pengendalian mutu menggunakan grafik Levey-Jennings. Inovasi ini diharapkan dapat menjadi solusi pemeriksaan glukosa

urine yang praktis dan ekonomis bagi fasilitas kesehatan primer maupun pemantauan mandiri oleh pasien.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sampel urine berjumlah 1 sampel, dimana kondisi awal urine tersebut (negatif glukosa), reagen GOD-PAP, reagen *benedict,* serbuk glukosa dan *aquadest.* Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *smartphone* kamera belakang Samsung Galaxy S24 mengusung tiga kamera (utama 50MP, ultra-wide 12MP dan telefoto 10MP), *ightbox*/ruang pencahayaan, *tripod,* tabung vial 3 mL, tabung reaksi, mikropipet/ pipet tetes, *background* putih, pot urine, labu ukur, mikrotip dan spirtus.

Prosedur

Uji Skrining Awal Metode Benedict

Pemeriksaan glukosa urin metode benedict adalah prosedur laboratorium untuk mendeteksi keberadaan gula pereduksi. Prosedur pengujian dilakukan dengan menyiapkan tabung reaksi yang bersih dan kering, memasukkan 1 mL reagen *benedict* ke dalam tabung reaksi, menambahkan 0,5 mL sampel urine ke dalam tabung reaksi, menghomogenkan campuran secara perlahan hingga tercampur merata. Memanaskan campuran dengan spirtus selama ±5 menit, mendinginkan pada suhu ruang, kemudian amati perubahan warna yang terjadi. Hasil positif ditunjukkan dengan adanya kekeruhan dan perubahan warna dari biru menjadi hijau kekuningan sampai merah bata.

Pengujian dengan Metode GOD-PAP.

Pengujian dilakukan menggunakan skema replikasi yang berbeda untuk setiap jenis perlakuan guna menjamin validitas data. Pengujian pada tabung blanko dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan pembacaan pada satu tabung yang sama. Pengujian untuk tabung standar dan tabung sampel masing-masing dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan untuk setiap tabungnya.

Prosedur dimulai dengan menyiapkan tabung vial untuk blanko (reagen), standar (reagen + *standar kit*) dan sampel (reagen + urine), memasukkan 1 mL reagen GOD-PAP ke dalam masing-masing tabung vial sampel dan standar. Menambahkan 10 uL sampel urine ke dalam tabung vial sampel, menambahkan 10 uL *standar kit* ke dalam tabung vial standar, menambahkan 1 mL reagen ke dalam tabung vial blanko. Homogenkan dan inkubasi pada suhu ruang selama 5-10 menit setiap tabung hingga warna merah terbentuk, pastikan pencahayaan tetap konstan untuk semua perlakuan. Kemudian dilakukan pengambilan gambar dan dianalisis nilai warna *green* dilakukan secara langsung menggunakan aplikasi identifikasi warna. Prosedur ini dilakukan dengan mengarahkan kamera *smartphone* secara tegak lurus didalam *lightbox* dengan jarak dan sudut tetap, hindari refleksi, bayangan atau perubahan cahaya yang dapat mempengaruhi hasil.

Nilai intensitas warna yang terbaca kemudian dikonversi menjadi nilai absorbansi semu menggunakan rumus:

$$\text{Absorbansi Semu} = \frac{Intensitas\ blanko}{Intensitas\ Sampel/standar}$$

Nilai absorbansi semu hasil konversi tersebut digunakan untuk analisis data dan menentukan kurva linearitas

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

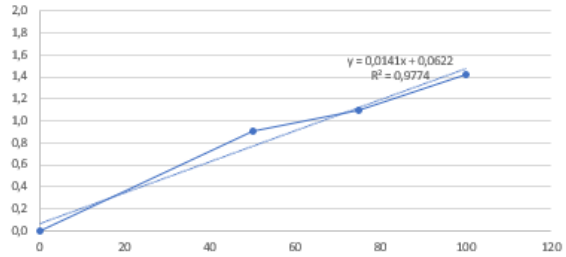
Tabel I. Hasil Uji Akurasi dan Presisi Pengujian Glukosa Urine Metode GOD-PAP

No	Parameter	Hasil
1	Mean (mg/dL)	102,06
2	Standar Devisiasi (SD)	3,4543
3	Bias (d%)	2,06%
4	Koefisien Variasi (CV%)	3,38%

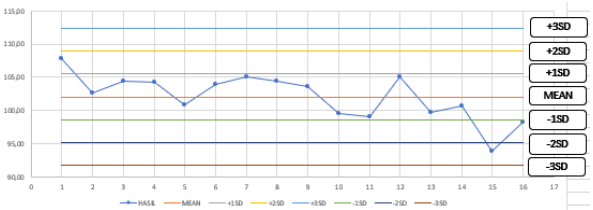
Tabel 2. Data Uji Linearitas Pengujian Glukosa Urine Metode GOD-PAP

No	Konsentrasi	Absorbansi Semu
1	0	0
2	50	0,904
3	75	1,100

4	100	1,424



Gambar 1. Uji Linearitas Pengujian Glukosa Urine Metode GOD-PAP



Gambar 2. Grafik levey-Jennings Pengujian Glukosa Urine Metode GOD-PAP dalam 1 hari

PEMBAHASAN

Uji Akurasi

Akurasi merupakan ukuran seberapa dekat hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya, dalam validasi metode akurasi dievaluasi dengan membandingkan hasil pemeriksaan metode yang divalidasi terhadap metode referensi atau standar yang telah tervalidasi. Berdasarkan hasil uji akurasi dan presisi pengujian glukosa urine metode GOD-PAP pada tabel 1 didapatkan hasil akurasi dengan bias (d%) yaitu 2,06% menunjukkan tingkat ketepatan yang baik, dikarenakan berada dalam batas <10%. Secara statistik, bias (d%) mendefinisikan besarnya perbedaan sistematis antara nilai rata-rata hasil pengukuran metode kolorimetri berbasis *smartphone* dengan nilai target atau nilai sebenarnya. Nilai bias yang mendekati nol mengindikasikan tingkat akurasi yang semakin tinggi.

Tingginya akurasi metode kolorimetri berbasis *smartphone* ini diperkuat oleh beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan prinsip sensor optik portabel. Studi yang dilakukan oleh Soni & Jha (2022) menegaskan bahwa perangkat analisis kolorimetri berbasis *smartphone* mampu menghasilkan performa analitik yang sangat dekat dengan instrumen laboratorium standar (seperti spektrofotometer), asalkan variabilitas eksternal dapat dikendalikan dengan ketat. Keselarasan hasil ini membuktikan bahwa integrasi ruang pencahayaan (*lightbox*) dalam penelitian ini berhasil menciptakan kondisi pembacaan citra yang homogen, sehingga meminimalkan bias akibat perubahan intensitas cahaya ruangan.

Presisi

Presisi menunjukkan sejauh mana hasil pemeriksaan memiliki kesamaan ketika pengujian dilakukan berulang, baik dalam kondisi yang sama (*repeatability*) maupun dalam kondisi berbeda (*intermediate precision*). Uji presisi dengan nilai koefisiensi variasi (CV%) sebesar 3,38% menunjukkan tingkat reproduksibilitas atau konsistensi hasil yang baik pada pengujian berulang dikarenakan berada dalam batas <5%.

Penelitian oleh Nurhayati *et al* (2019) yang melakukan validasi metode GOD-PAP pada spektrofotometer standar menunjukkan bahwa pengulangan pemeriksaan menghasilkan CV yang berkisar antara 1,5% hingga 4% seperti tertera pada tabel 1 bergantung pada stabilitas reagen. Capaian presisi (CV%) sebesar 3,38% dalam penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan sensor *smartphone* Samsung Galaxy S24 di dalam *lightbox* memiliki stabilitas yang hampir setara dengan alat semi-otomatis laboratorium. Hal ini menegaskan bahwa faktor *human error* dalam pengambilan gambar dapat direduksi melalui standarisasi kotak cahaya.

Uji Linearitas

Linearitas menggambarkan kemampuan suatu metode untuk memberikan hasil yang sebanding dengan konsentrasi analit dalam rentang pengukuran yang ditetapkan (*reportable range*). Evaluasi linearitas dilakukan dengan menganalisis serangkaian sampel dengan konsentrasi yang diketahui secara bertahap, kemudian memeriksa hubungan antara nilai pengukuran melalui regresi linear. Berdasarkan hasil uji linearitas didapatkan hasil persamaan regresi linier y= 0,0141x + 0,0622 dengan R^2 = 0,9774. Nilai R^2 menunjukkan hubungan yang cukup kuat antara konsentrasi glukosa dan absorbansi, meskipun nilai

sedikit >0,997 namun metode ini mampu mendetekai perubahan konsentrasi melalui perubahan warna reaksi GOD-PAP.

Korelasi linear yang signifikan dengan nilai R^2 = 0,9774 membuktikan bahwa transformasi intensitas warna ke dalam unit absorbansi digital selaras dengan kaidah fotometri. Menurut Hossain *et al* (2021), stabilitas linearitas pada biosensor optik berbasis ponsel sangat bergantung pada desain *color chamber* yang menjamin keseragaman distribusi foton. Dalam studi ini, penggunaan lightbox berhasil meminimalkan interferensi cahaya lingkungan, yang memungkinkan algoritma pengolahan citra mendeteksi gradien warna secara akurat. Temuan ini sejalan dengan pandangan Fan *et al* (2022) bahwa optimasi platform kolorimetri pada *smartphone* mampu memberikan hasil kuantitatif yang konsisten meski digunakan pada berbagai rentang konsentrasi analit.

Menurut Alawsi *et al* (2021), koefisien determinasi di atas 0,95 pada perangkat sensor kolorimetri berbasis ponsel merupakan indikator utama bahwa sensor tersebut memiliki sensitivitas yang handal untuk analisis kuantitatif. Linearitas yang tinggi ini membuktikan bahwa sensor CMOS pada Samsung Galaxy S24 mampu mempertahankan respon proporsional terhadap perubahan intensitas warna kompleks *quinoneimine*, sehingga meminimalisir kesalahan sistematis dalam estimasi kadar glukosa pasien.

Grafik Levey-Jennings

Evaluasi melalui grafik Levey-Jennings dilakukan untuk memantau stabilitas kinerja metode selama periode pemeriksaan. Secara keseluruhan, data berada dalam batas kendali statistik. Berdasarkan hasil pada grafik (Gambar 2) levey-jennings menunjukkan terdapat nilai pada tabung 15 yang keluar dari batas -2SD, nilai tersebut ditetapkan aturan 1_2s yang berfungsi sebagai sinyal peringatan (*warning*). Aturan tersebut muncul terjadi secara *within-day*, hal ini menunjukkan adanya variabilitas *batch* pemeriksaan pada hari yang sama.

Munculnya sinyal peringatan 1_2s pada data ke-15 dalam grafik Levey-Jennings penelitian ini merupakan fenomena yang juga sering ditemukan dalam kendali mutu laboratorium rutin. Menurut Westgard (2020), aturan 1_2s berfungsi sebagai peringatan adanya potensi *random error*.

Jika dibandingkan dengan penelitian Subiyono *et al* (2016), fluktuasi dalam pemeriksaan metode GOD-PAP sering kali disebabkan oleh suhu inkubasi atau durasi pembacaan warna. Dalam konteks *smartphone*, faktor tambahan seperti sudut kemiringan kamera (*parallax error*) saat pengambilan gambar ke-15 mungkin menjadi penyebabnya. Namun, keberhasilan penelitian ini untuk tetap menjaga rata-rata hasil dalam batas ±2SD membuktikan ketangguhan (*robustness*) metode yang dikembangkan.

Meskipun grafik Levey-Jennings menunjukkan adanya sinyal peringatan, proses pengujian secara keseluruhan masih dikategorikan dalam kendali statistik. Miller & Levinson (2024) menjelaskan bahwa fluktuasi teknis, seperti variasi suhu alat atau pergeseran sudut sensor, sering kali memicu variasi kecil dalam kontrol kualitas laboratorium kontemporer, namun validitas klinis tetap terjaga selama tidak terjadi pelanggaran aturan Westgard. Dari perspektif lokal, Tjahyadi & Setiawan (2022) menyatakan bahwa penggunaan *digital imaging* merupakan langkah strategis bagi fasilitas kesehatan primer di Indonesia yang minim akses terhadap instrumen laboratorium besar. Metode ini berhasil menjembatani efisiensi teknologi *Point-of-Care Testing* (POCT) dengan akurasi standar laboratorium konvensional.

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. kebocoran cahaya

luar sangat dapat mempengaruhi pembacaan digital secara signifikan, yang terlihat dari munculnya sinyal peringatan pada grafik Levey-Jennings.

KESIMPULAN

Inovasi metode kolorimetri berbasis *smartphone* untuk pengujian glukosa urine dengan metode GOD-PAP dinyatakan valid dan memiliki kinerja yang baik berdasarkan hasil uji laboratorium. Hal ini dibuktikan nilai akurasi dengan bias (d%) 2,06% dan presisi (CV%) 3,38% yang berada dalam batas klinis yang diterima yaitu nilai akurasi dengan bias (d%) berada dalam batas <10% dan nilai presisi (CV%) berada dalam batas <5%. serta hubungan linearitas yang kuat R^2 = 0,9774 meskipun nilai sedikit >0,997. Meskipun terdapat sinyal peringatan pada grafik Levey-Jennings yang dipengaruhi oleh faktor teknis seperti cahaya dan sudut kamera, secara keseluruhan metode ini mampu mendeteksi perubahan konsentrasi glukosa secara efektif. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengoptimalkan stabilitas pencahayaan dan pengembangan aplikasi yang lebih terintegrasi untuk meminimalkan variasi hasil dan dapat membandingan pemeriksaan dengan metode spektrofotometer.

DAFTAR PUSTAKA

Alawsi, T., Al-Zubaidi, S., & Al-Dujaili, A. (2021). Smartphone-based colorimetric sensor application for measuring biochemical material concentration. *Sensing and Bio-Sensing Research*, *32*, 100418. https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2021.100418

American Diabetes Association. (2022). Standards of medical care in diabetes—2022. *Diabetes Care*, 45(Suppl 1), S1–S264. https://doi.org/10.2337/dc22-SINT

Fan, Y., Li, J., Guo, Y., Xie, L., & Fu, G. (2022). A smartphone-based colorimetric platform for portable and quantitative detection of glucose. *Analytica Chimica Acta*, *1192*, 339352. https://doi.org/10.1016/j.aca.2021.339352

Hossain, M. A., et al. (2021). *Smartphone-based optical biosensors: From design to application*. Analytical Methods, 13(14), 1641-1662.

Lopez-Ruiz, N., Curto, V. F., Erenas, M. M., Benito-Lopez, F., Diamond, D., & Palma, A. (2022). Mobile phone-based optical biosensing. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, *149*, 116553. https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116553

Miller, W. G., & Levinson, S. S. (2024). Statistical quality control in clinical laboratories: Beyond Westgard rules. *Clinical Chemistry*, *70*(2), 350–362. https://doi.org/10.1093/clinchem/hvad215

Nurhayati, I., Riyani, A., Kurnaeni, N., Wiryanti, W., Rinaldi, S., Feisal., (2019). Validasi Metode GOD-PAP pada Pemeriksaan Glukosa Darah. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 11(1), 322-336

Rahmawati., Nurul, N. A., Andi, F., Nurpanisa., (2025). Perbandingan Glukosa Urine pada Keturunan Penderita Diabetes Mellitus dengan Metode Carik Celup dan Metode Benedict, *Lontara: Journal of Health Science & Technology,* 6(2); 120-127

Rakhmawati, A., (2025). Profil Nilai Tekanan Darah Penderita Diabetes Melitus dengan Kadar Glukosa Darah yang Tidak Terkontrol, *Jurnal Bina Cipta Husada*, 21(2), 106-115

Soni, A., & Jha, S. K. (2022). Portable smartphone-based colorimetric devices for biochemical testing: Advances and challenges. *Biosensors and Bioelectronics*, *210*, 114273. https://doi.org/10.1016/j.bios.2022.114273

Subiyono, S., Martsiningsih, M. A., & Gabrela, D. (2016). Gambaran kadar glukosa darah metode GOD-PAP (Glucose Oxidase – Peroxidase Aminoantipyrin) sampel serum dan plasma EDTA. *Jurnal Teknologi Laboratorium, 5*(1), 45–48.

Tjahyadi, D., & Setiawan, B. (2022). Implementasi etal Imaging untuk Pemeriksaan Kimia Klinik di Daerah Terpencil. *Jurnal Teknologi Informasi Kesehatan*, 8(2), 112-120.

Westgard, J. O. (2020). *Basic QC Practices: Training in Statistical Quality Control for Medical Laboratories* (4th ed.). Westgard QC, Inc. https://westgard.com/resources/resources/basic-qc-practices-4th-ed.html