PROPOSAL PENELITIAN OPSI

Pengujian Biosensor Optik Non-Invasif Berbasis Ekstrak Fermentasi Kulit Buah Naga Merah *(Hylocereus Polyrhizus)* untuk Pemantauan Kadar Glukosa sebagai Alternatif Monitoring Diabetes

NAMA TIM PENELITI
AGNES DORASINA ANGELINE S.
HELEN VALLERI

Bidang Kompetisi Penelitian
Ilmu Pengetahuan Terapan (IPT)
(Ilmu Kesehatan dan Rekayasa Biomedis: Teknologi Kesehatan, Bioteknologi, Perangkat Medis)

SMAK BPK Penabur Kota Wisata
Kabupaten Bogor, Jawa Barat

Tahun 2025

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Diabetes atau *Diabetes Mellitus* merupakan sekelompok penyakit dengan gangguan metabolisme yang secara genetis dan klinis termasuk heterogen dengan manifestasi berupa hilangnya toleransi karbohidrat. Penyakit ini kerap dikenal dengan istilah "kencing manis." Diabetes dapat terjadi ketika tubuh tidak dapat menghasilkan insulin yang cukup atau tidak dapat menggunakan insulin dengan benar. Menurut WHO dalam *Diabetes Country Profiles* (2020) menyatakan bahwa *'Environmental and lifestyle factors are contributing to the increasing prevalence of impaired insulin secretion.'* Selain itu, penyakit ini memiliki gejala berupa peningkatan kadar glukosa darah dan hiperglikemia. Hiperglikemia yaitu suatu kondisi kadar glukosa darah > 126 mg/dL saat puasa atau > 200 mg/dL dua jam setelah makan (ADA, 2018; PERKENI, 2021). Kondisi kadar gula yang sangat tinggi (hiperglikemia berat) menyebabkan gejala klasik, seperti polidipsia, poliuria, kelelahan, penurunan kapasitas fungsional tubuh, dan penurunan indeks massa tubuh. Jika tidak terkontrol, dapat memicu komplikasi serius seperti kerusakan jantung, ginjal, dan saraf.

Terjadi peningkatan penderita diabetes usia 18 tahun ke atas yaitu dari 7% pada tahun 1990 menjadi 14% pada tahun 2022 (WHO *Global Report*, 2023). Dengan 90% kasus tergolong sebagai Diabetes Mellitus Tipe 2 yang berkaitan erat dengan gaya hidup sedentari, obesitas, dan pola makan tidak seimbang. Fenomena ini tidak hanya menjadi perhatian secara global, namun juga terjadi di Indonesia, di mana angka kasus diabetes mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Berdasarkan data *International Diabetes Federation* (IDF, 2021), Indonesia menempati peringkat ke-5 di dunia dengan jumlah penderita diabetes terbanyak, yang mencapai angka 19,5 juta jiwa. *International Diabetes Federation* (IDF, 2021) mencatat bahwa 75% dari 19.5 juta penderita diabetes di Indonesia merupakan kasus tipe 2, dengan mayoritas tidak terdiagnosis hingga muncul komplikasi.

Salah satu yang menjadi kendala terbesar dalam penanganan diabetes adalah ketergantungan dalam penggunaan alat pemantauan kadar glukosa yang konvensional (glukometer). Glukometer adalah alat ukur portabel yang berfungsi mengukur kadar glukosa (gula) dalam darah. Alat ukur ini masih menggunakan metode invasif melalui pengambilan darah yang terkesan tidak nyaman dan memerlukan biaya yang tinggi. Mahalnya biaya yang digunakan, membuat 72% pasien mengurangi frekuensi tes ~~karena mahalnya strip~~ (Jurnal Kesehatan Masyarakat, 2023). Selain itu, metode invasif memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, yaitu menjadi limbah medis. Sejumlah 1,5 miliar benda tajam yang terkontaminasi (termasuk lanset dan strip tes glukosa) dihasilkan secara global setiap tahunnya hanya dari pengelolaan diabetes (WHO *Medical Waste Report*, 2023). Oleh karena itu, pengembangan solusi non-invasif menjadi alat yang murah dan praktis untuk tingkatkan kualitas hidup penderita diabetes dan kurangi komplikasi fatal.

Biosensor optik non-invasif menggantikan metode pengukuran glukosa yang invasif. Teknik ini memiliki keunggulan tanpa rasa sakit, tidak berisiko infeksi, pengukuran cepat, serta tanpa menggunakan bahan kimia sintetis apapun (Zheng et al., 2016). Alat ini bekerja dengan menganalisis perubahan optik (warna dan fluoresensi) saat berinteraksi dengan glukosa dalam air liur, menjadikannya solusi yang nyaman, higienis, dan tanpa pengambilan darah. Keunggulan utamanya terletak pada: (1) akurasi tinggi, (2) waktu deteksi cepat dan (3) biaya produksi rendah. Mekanisme penggunaannya cukup dengan menempelkan sensor ke lidah atau meneteskan air liur, kemudian perubahan warna akan dibaca oleh sistem optik dan dikonversi menjadi data digital. Alat ini juga menghadirkan aspek inovatif, yaitu dengan menggunakan ekstrak fermentasi kulit buah naga merah yang mengandung senyawa aktif (antosianin dan betalain) sebagai indikator optik alami. Pemilihan ekstrak kulit buah naga merah *(Hylocereus polyrhizus)* sebagai bahan dasar biosensor didasarkan pada kandungan senyawa bioaktifnya yang melimpah, ekstrak dari kulit buah naga mengandung pigmen antosianin yang merupakan salah satu sumber pewarna alami (Sudarmi dkk., 2015). Senyawa ini mampu menghasilkan perubahan warna yang jelas saat berikatan dengan glukosa, sehingga ideal untuk deteksi optik. Selain itu, kulit buah naga merupakan limbah pertanian yang melimpah, mudah diperoleh, dan ramah lingkungan, sehingga menekan biaya produksi (Li et al., 2022). Studi oleh Nurhayati et al. (2023) juga membuktikan bahwa ekstrak fermentasi kulit buah naga merah meningkatkan stabilitas senyawa antosianin hingga 40% dibanding ekstrak segar, sehingga lebih tahan lama sebagai indikator biosensor. Dengan menggabungkan inovasi material alami dan kemudahan penggunaan air liur, biosensor ini menjanjikan akses pemantauan diabetes yang lebih ekonomis sekaligus mengurangi limbah medis dari alat tes konvensional.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi ekstrak fermentasi kulit buah naga merah terhadap sensitivitas biosensor optik dalam mendeteksi glukosa?
2. Bagaimana tingkat selektivitas biosensor optik non-invasif berbasis ekstrak fermentasi kulit buah naga merah terhadap glukosa, berdasarkan perbandingan respons sensor antara larutan glukosa standar dan sampel air liur manusia?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah dipaparkan, adapun tujuan dari penelitian ini:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi ekstrak fermentasi kulit buah naga merah terhadap sensitivitas biosensor optik dalam mendeteksi kadar glukosa.
2. Untuk mengetahui tingkat selektivitas biosensor optik non-invasif berbasis ekstrak fermentasi kulit buah naga merah terhadap glukosa, melalui perbandingan respons sensor antara larutan glukosa standar dan sampel air liur manusia.

1.4 HIPOTESIS

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, disusun hipotesis penelitian sebagai berikut:

1. Proses pengujian biosensor optik non-invasif berbasis ekstrak fermentasi kulit buah naga sebagai alternatif pemantauan kadar glukosa pada penyakit diabetes menunjukkan adanya perubahan intensitas warna sebagai respons optik yang menyesuaikan dengan kadar glukosa yang bervariasi.
2. Penggunaan biosensor optik non-invasif berbasis ekstrak fermentasi kulit buah naga sebagai alternatif pemantauan kadar glukosa pada penyakit diabetes memiliki tingkat efektivitas dan akurasi yang tinggi karena memungkinkan pengulangan dan mendeteksi hasil lebih cepat.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan untuk memperoleh beberapa manfaat, di antaranya adalah:

1. Bagi industri, dapat menjadi peluang besar untuk inovasi produk biosensor berbasis ekstrak fermentasi kulit buah naga yang ekonomis, sekaligus mendukung pengembangan perangkat medis yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.
2. Bagi pembaca, dapat membantu pembaca untuk mengetahui efektivitas dan akurasi biosensor optik non-invasif berbasis ekstrak fermentasi kulit buah naga sebagai alternatif pemantauan kadar glukosa pada penyakit diabetes.
3. Bagi peneliti, dapat memperluas pengetahuan tentang pemanfaatan fermentasi kulit buah naga merah sebagai bahan dasar biosensor dan kontribusinya untuk menjadi alternatif pemantauan kadar glukosa yang non-invasif dan berkelanjutan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Diabetes Mellitus* (DM) Tipe 2

Diabetes mellitus tipe 2 atau yang bisa disebut dengan *Non Insulin Dependent Diabetes Mellitus* (NIDDM) merupakan diabetes melitus yang memiliki jumlah pasien yang lebih banyak daripada tipe lain. Sebagian besar pasien diabetes melitus, sekitar 85%, merupakan penderita diabetes tipe 2, yang ditandai dengan kondisi resistensi insulin yang disertai penurunan relatif produksi insulin oleh pankreas. Penyebab utama DM tipe 2 adalah resistensi insulin, yaitu kondisi ketika sel-sel tubuh tidak merespons insulin secara efektif. Akibatnya, kadar glukosa dalam darah tetap tinggi meskipun tubuh memproduksi insulin. Biasanya, penderita *diabetes mellitus* tipe 2 ditandai dengan seringnya buang air kecil (poliuria), rasa lapar yang meningkat (polifagia), dan berat badan menurun drastis (Lestari, Zulkarnain, St. Aisyah Sijid, 2021).

2.2 Glukosa

Glukosa merupakan jenis gula sederhana yang berfungsi sebagai sumber energi utama untuk tubuh manusia. Umumnya ditemukan pada makanan yang mengandung karbohidrat, seperti roti dan nasi. Karbohidrat ini akan dipecah menjadi molekul glukosa saat makanan masuk ke dalam sistem pencernaan. Molekul glukosa ini akan diserap oleh usus halus untuk nantinya akan diedarkan ke seluruh tubuh melalui aliran darah. Kadar glukosa dalam darah inilah yang disebut dengan gula darah.

2.3 Penggunaan Kulit Buah Naga sebagai Bahan Biosensor Non-Invasif

Biosensor merupakan suatu perangkat analitis yang menggabungkan komponen biologis dengan pendeteksi fisikokimia untuk mengukur zat kimia tertentu. Biosensor non-invasif memungkinkan pendeteksian berlangsung tanpa perlu menusuk dan memasukkan perangkat apapun ke dalam tubuh, sehingga keamanan dan kenyamanan lebih terjaga. Kulit buah naga dapat dimanfaatkan sebagai bahan biosensor karena kaya akan kandungan antosianin dan betasianin yang merupakan pigmen warna dalam buah ini. Pigmen betasianin dalam kulit buah naga lebih mendominasi karena bertanggung jawab untuk memberikan warna merah keunguan. Meskipun begitu, kedua pigmen ini dapat bereaksi dengan molekul glukosa untuk menghasilkan perubahan sifat optik. **(Lampiran 1)**

2.5 Saliva

Air liur (saliva) adalah cairan diagnostik yang dapat digunakan sebagai sampel biosensor. Hal ini dikarenakan adanya biomarker yang berguna untuk menginformasikan kondisi tubuh. Saliva mengandung 99,5% air, 0,3% protein, dan 0,2% zat organik dan anorganik, salah satu di antaranya adalah glukosa.

BAB 3. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium SMAK BPK Penabur Kota Wisata. Penelitian akan dilakukan pada bulan Maret-Oktober 2025. **(Lampiran 2)**

3.2 Alat dan Bahan

Bahan dan alat yang akan digunakan sebagai berikut: **(Lampiran 3)**

3.3 Rancangan dan Prosedur Penelitian

3.3.1 Rancangan dan Instrumen Penelitian

Penelitian ini dirancang sebagai studi eksperimental laboratorium dengan validasi klinis untuk mengembangkan biosensor glukosa non-invasif berbasis ekstrak kulit buah naga merah, yang akan dilakukan pengajuan untuk memperoleh surat lolos klirens etik. Instrumen penelitian ini adalah menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer berupa hasil karakterisasi optik ekstrak, kinetika reaksi enzimatis, serta uji performa sensor terhadap sampel air liur manusia. Data sekunder berupa literatur ilmiah dan data epidemiologi Kemenkes RI.

3.3.2 Rancangan Prosedur Pembuatan Biosensor

Prosedur pembuatan biosensor diawali dengan preparasi ekstrak kulit buah naga merah melalui fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* selama 72 jam pada suhu 30°C. Ekstrak hasil fermentasi kemudian dimurnikan dengan sentrifugasi 4000 rpm selama 15 menit dan diimobilisasi pada substrat kertas saring Whatman No. 1 yang telah dilapisi nanopartikel emas (AuNPs) 20 nm. Lapisan hidrogel *Karboksimetil selulosa* (CMC) 2% (w/v) diaplikasikan sebagai matriks pembawa menggunakan teknik *spin coating* (2000 rpm, 30 detik), kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama 2 jam. Sensor yang telah jadi dipotong berbentuk lingkaran berdiameter 1 cm dan disimpan dalam kemasan kedap udara hingga pengujian. Proses fabrikasi ini mengacu pada protokol yang telah divalidasi dengan modifikasi konsentrasi ekstrak (10-50% v/v) untuk optimasi performa.

3.3.3 Cara Pemerolehan Data dan Cara Kerja Alat

Penelitian ini menggunakan tiga metode utama untuk memperoleh data, yaitu: (1) pengukuran spektrofotometri untuk mengkarakterisasi ekstrak kulit buah naga, (2) analisis warna

digital untuk mendeteksi perubahan optik pada biosensor, dan (3) pengujian klinis dengan sampel air liur manusia. Cara kerja alat biosensor ini adalah dengan mendeteksi perubahan warna pada lapisan hidrogel yang mengandung ekstrak kulit buah naga merah saat bereaksi dengan glukosa dalam air liur. Glukosa mengubah struktur antosianin dalam ekstrak, menyebabkan pergeseran warna dari merah muda ke biru yang proporsional dengan kadar glukosa. Perubahan ini direkam oleh kamera smartphone dan dianalisis melalui aplikasi khusus yang mengkonversi nilai RGB menjadi konsentrasi glukosa, dengan bantuan nanopartikel emas untuk meningkatkan sensitivitas.

3.3.4 Rancangan Alur Penelitian

Penelitian ini mengikuti alur sistematis yang terdiri dari 5 tahap utama, yaitu: (1) preparasi bahan, (2) fabrikasi biosensor, (3) optimasi dan karakterisasi, (4) validasi klinis, (5) analisis data. Alur ini dirancang untuk memastikan penelitian berjalan sistematis mulai dari preparasi bahan hingga analisis akhir, dengan penekanan pada validasi klinis sebagai tahap kritis.

3.3.5 Rancangan Pengamatan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pengamatan kuantitatif terhadap perubahan warna biosensor optik. Pengambilan data dilakukan melalui tiga tahap: (1) kalibrasi menggunakan larutan glukosa standar (0-500 mg/dL) untuk membangun kurva hubungan antara intensitas warna dan konsentrasi glukosa, (2) uji sampel air liur dari 30 responden dengan interval pengamatan setiap 30 detik selama 5 menit, dan (3) validasi dengan membandingkan hasil biosensor terhadap pengukuran glukometer konvensional. Parameter yang diamati meliputi perubahan nilai RGB, waktu respons, serta akurasi dan presisi alat, dengan pengulangan sebanyak tiga kali untuk setiap konsentrasi.

3.3.6 Instrumen Pemerolehan Data

Penelitian ini menggunakan instrumen pemerolehan data berupa lembar observasi eksperimen. Lembar observasi eksperimen dirancang dalam format tabel untuk mencatat secara sistematis parameter waktu pengamatan, nilai RGB, kadar glukosa referensi, serta perubahan visual warna sensor setiap interval 30 detik.

3.4 Pengolahan dan Analisis Data

Data yang telah diperoleh dari hasil pengujian biosensor optik non-invasif berbasis ekstrak fermentasi kulit buah naga ini akan diolah dan dianalisis lebih lanjut untuk menentukan efektivitas dan akurasi sensor dalam mendeteksi kandungan glukosa. Penelitian ini dibatasi dengan 30 orang sebagai sampel, yang terdiri dari cairan dengan kadar glukosa normal dan kadar glukosa tinggi. Adapun keberhasilan dari biosensor ini terlihat dari kemampuannya menunjukkan perubahan warna yang jelas dan

stabil untuk menguji sensor optiknya **(Lampiran 4).** Setelah data selesai diolah, analisis data akan dimulai dengan membuat kurva kalibrasi dengan membandingkan hasil pengukuran berdasarkan standar ukur yang telah ditetapkan. Grafik hubungan antara nilai ADC (*Analog-to-Digital Converter*) dari alat non-invasif dan kadar glukosa darah diukur dengan alat invasif standar dianalisis menggunakan regresi linear sederhana, menghasilkan persamaan garis $y = 11{,}315x - 242{,}35$ dengan koefisien determinasi (R^2) = 0,9993. Nilai R^2 sebesar ini menunjukkan bahwa 99,93% variasi kadar glukosa dapat dijelaskan oleh model regresi, mengindikasikan hubungan linear yang sangat kuat antara kedua metode pengukuran (Kim et al., 2021). Berdasarkan kriteria interpretasi R^2 dalam penelitian terbaru (Lee et al., 2022), nilai $R^2 > 0{,}9$ dikategorikan sebagai korelasi sangat kuat, sehingga hasil ini mendukung validitas alat non-invasif sebagai alternatif pemantauan glukosa. Hal ini bertujuan untuk memastikan akurasi pengukuran dan konsistensi kualitas produk. Untuk hasil yang maksimal, kurva kalibrasi harus memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) $\geqslant 0{,}95$ dan adanya hubungan linier antara intensitas warna dengan konsentrasi glukosa. Langkah-langkah analisis data meliputi: (1) mengukur intensitas warna setelah pemberian larutan glukosa, (2) mencatat perubahan warna dari masing-masing sampel, (3) membandingkan nilai hasil sensor dan standar glukosa, (4) membuat kurva kalibrasi, (5) menghitung koefisien determinasi (R^2), (6) menarik kesimpulan.

DAFTAR PUSTAKA

Aldhi Ya Ganni, Yunus, M., Arni Risma Nurfadillah, Indri Dwi Meisa, Indri Haryanti, Aji Nuralim, Wahyudin Wahyudin, Nara Aditya, Qurni Padila, Qurni Padila, Nanda Nur Adillah, & Haryanto Haryanto. 2024. Pelatihan Pemanfaatan Potensi

Pertanian dalam Bidang Bioteknologi Konvensional di Desa Padaasih Kabupaten Garut Jawa Barat. *Jurnal Pengabdian Sosial*, *1*(12), 2233–2241. https://doi.org/10.59837/6gqnzp76

Apriyanto, D. R. (2016). *Vol. 3 No. 3 (2016): Tunas Medika Jurnal Kedokteran & Kesehatan | Tunas Medika Jurnal Kedokteran & Kesehatan*. Ejournalugj.com. https://www.ejournalugj.com/index.php/tumed/issue/view/73

Indrahadi, D., Wardana, A., & Pierewan, A. C. 2021. The prevalence of diabetes mellitus and relationship with socioeconomic status in the Indonesian population. *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*, *17*(3), 103. https://doi.org/10.22146/ijcn.55003

Jacopo Giaretta, Zulli, R., Prabhakar, T., Rath, R. J., Naficy, S., Spilimbergo, S., Weiss, P. S., Syamak Farajikhah, & Dehghani, F. 2024. Glucose Sensing in Saliva. Advanced Sensor Research. https://doi.org/10.1002/adsr.202400065

Kadek Resa, W., I Made Kusuma, W., & Putu Adi, S. 2021. DIABETES MELITUS TIPE 2: FAKTOR RISIKO, DIAGNOSIS, DAN TATALAKSANA. Ganesha Medicine, 1(2), 114. https://doi.org/10.23887/gm.v1i2.40006

Lutfiah Syifa, & Hernahadini Nelis. 2024. Review Artikel: Model Biorekognisi Berbasis Antibodi (Immunodiagnostic) Pada Biosensor Untuk Deteksi Awal Kanker Payudara. Jurnal Biodiversitas Dan Bioteknologi, 1(1), 6–12. http://ejournal.umbandung.ac.id/index.php/biodiverse/article/view/513

Muhammad, Renaldi, A., Ilham Septiandi, Kurniawan, B., & Fauzi, A. 2016. Mengenal Alat Pemantau Gula Darah dari Air Liur dengan "On-Chip Electrochemical Sensing." Majalah Farmasetika, 1(1), 3–3. https://doi.org/10.24198/farmasetika.v1i1.9696

NEWS, U. 2022. *Potensi Biomarker Saliva untuk Deteksi Dini Karsinoma Sel Skuamosa Oral dengan Teknologi Surface Acoustic Wave*. Universitas Airlangga Official Website. https://unair.ac.id/potensi-biomarker-saliva-untuk-deteksi-dini-karsinoma-sel-skuamosa-oral-dengan-teknologi-surface-acoustic-wave/

Pulungan, A. B., Afifa, I. T., & Annisa, D. (2018). Type 2 diabetes mellitus in children and adolescent: an Indonesian perspective. *Annals of Pediatric Endocrinology & Metabolism*, *23*(3), 119–125. https://doi.org/10.6065/apem.2018.23.3.119

Simangunsong, D. 2021. Kajian Kandungan Zat Makanan Dan Pigmen Antosianin Tiga Jenis Kulit Buah Naga (Hylocereus Sp.) Sebagai Bahan Pakan Ternak - Brawijaya Knowledge Garden. *Ub.ac.id*. http://repository.ub.ac.id/id/eprint/137123/1/Kajian_Kandungan_Zat_Makanan_dan_Pigmen_Antosianin_Tiga_Jenis_Kulit_Buah_Naga_%28Hylocereus_sp.%29_se.pdf

Sun, H., Saeedi, P., Karuranga, S., Pinkepank, M., Ogurtsova, K., Duncan, B. B., Stein, C., Basit, A., Chan, J. C. N., Mbanya, J. C., Pavkov, M. E., Ramachandaran, A., Wild, S. H., James, S., Herman, W. H., Zhang, P., Bommer, C., Kuo, S., Boyko, E. J., & Magliano, D. J. 2021. IDF diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes Research and Clinical Practice*, *183*(109119). https://doi.org/10.1016/j.diabres.2021.109119

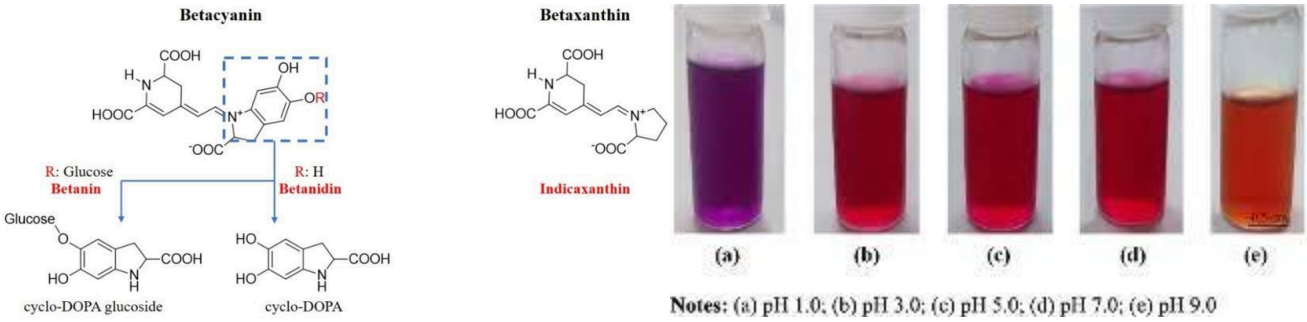
Syifa Lutfiah, & Nelis Hernahadini. 2024. Review Artikel: Model Biorekognisi Berbasis Antibodi (Immunodiagnostic) Pada Biosensor Untuk Deteksi Awal Kanker Payudara. *Jurnal Biodiversitas Dan Bioteknologi*, *1*(1), 6–12. http://ejournal.umbandung.ac.id/index.php/biodiverse/article/view/513

Wulansari, I. S., Dita Apriana Dwi Astuti, Antoro, E. L., & Syntia Tanu Juwita. 2024. DESAIN ALAT UKUR KADAR GULA DARAH SECARA NON- INVASIVE MENGGUNAKAN BIOSENSOR BERBASIS MEMBRAN NATA DE PINA. *Java Health Jounal*, *11*(2). https://doi.org/10.1210/jhj.v11i2.700

Yusof, M., Renaldi, A., Ilham Septiandi, Kurniawan, B., & Fauzi, A. 2016. Mengenal Alat Pemantau Gula Darah dari Air Liur dengan “On-Chip Electrochemical Sensing.” Majalah Farmasetika, 1(1), 3–3. https://doi.org/10.24198/farmasetika.v1i1.9696

LAMPIRAN

Lampiran 1. Visualisasi Pigmentasi Ekstrak Fermentasi Kulit Buah Naga



(Sumber: https://images.app.goo.gl/8HcHRZ7bMwbp8zFm9)

Lampiran 2. Tabel Waktu Pelaksanaan Penelitian

	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November
Pembuatan Proposal	✓	✓							
Pengumpulan Proposal		✓							
Pelaksanaan Penelitian			✓	✓	✓	✓	✓		
Pengunggahan laporan hasil penelitian								✓	
Presentasi, Wawancara, dll									✓

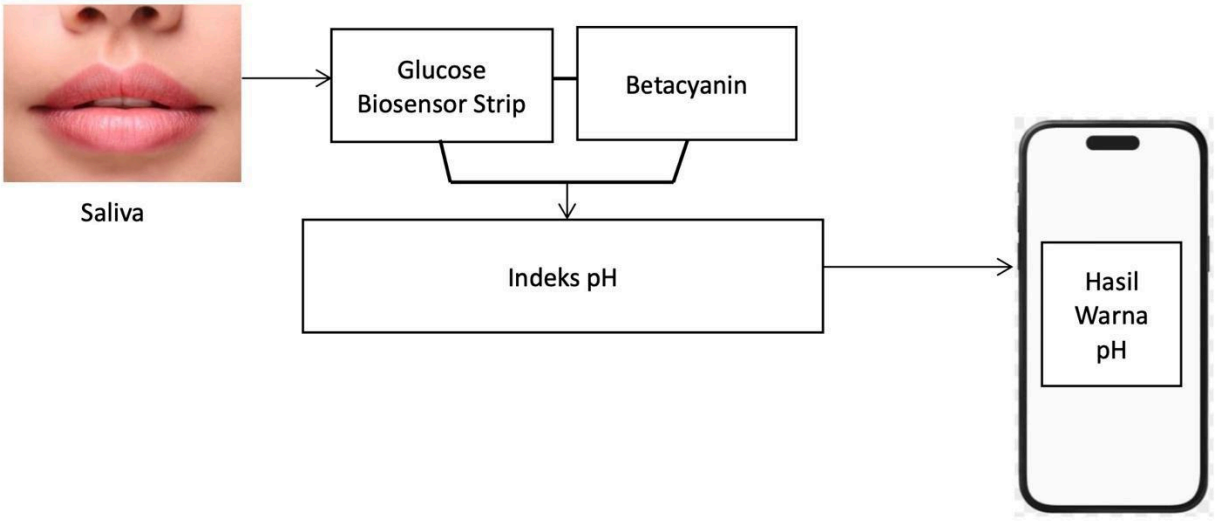
(Sumber: Peneliti, 2025)

Lampiran 3. Tabel Bahan dan Alat

Bahan	Alat
1. 500g Kulit buah naga merah	1. Kapasitas 1L Blender Industri
2. 10g Kultur *Saccharomyces cerevisiae*	2. 4000 rpm Sentrifus
3. 500mL *Buffer fosfat*	3. 30°C Inkubator
4. 50g *Karboksimetil selulosa*	4. pH meter
5. 25mL *Glutaraldehid*	5. 1000-3000 rpm *Spin coater*
6. 10 cm x 10 cm Kertas saring *Whatman* No. 1	6. 60°C Oven vakum
7. 0.5 mm tebal, 5 cm x 5 cm Lembaran PET fleksibel	7. 80°C Laminator panas
8. 0.1 mm tebal, 5 cm x 5 cm *Double-sided medical tape*	8. Pemotong laser
9. 0–500 mg/dL Larutan glukosa standar	9. Range 400–700 nm, resolusi 1 nm *Spektrofotometer UV-Vis*
10. 100 µL per tes Air liur manusia	10. Kamera 12 MP *Smartphone* dengan RGB sensor
	11. 10–100 µL Mikropipet

(Sumber: Peneliti, 2025)

Lampiran 4. Tahap Pengolahan dan Analisis Data



(Sumber: Peneliti, 2025)