

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT PENGUKUR KADAR GLUKOSA DALAM DARAH SECARA *NON-INVASIVE* BERBASIS ARDUINO

DESIGN AND IMPLEMENTATION NON-INVASIVE MEASURING DEVICE OF GLUCOSE LEVEL IN BLOOD BASED ON ARDUINO

Boby Irfanudin Anwar ¹, Raditiana Patmasari, S.T. M.T.², Hilman Fauzi.T.S.P, S.T. .,M.T.³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Bandung
¹bobyirfanudin@students.telkomuniversity.ac.id, ²raditiana@telkomuniversity.ac.id, ³hilmanfauzitsp@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Penyakit Diabetes Melitus merupakan salah satu penyakit yang mematikan yang dihadapi oleh orang - orang di Indonesia. Angka jumlah penderita penyakit ini di Indonesia sebanyak 10 juta penderita menurut (IDF) *International Diabetes Federation*. Bahkan menurut *World Health Organization (WHO)* Indonesia masuk lima negara dengan jumlah penderita Diabetes Melitus. Penyakit ini disebabkan oleh tingginya kadar glukosa dalam darah. Penderita biasanya tidak terkontrol akan konsumsi gula dalam kehidupan sehari - hari. Untuk pengukuran kadar gula dalam darah sejauh ini yang banyak digunakan adalah alat *invasive* yaitu dengan melukai tubuh pasien. Teknik seperti ini membuat penderita enggan untuk melakukan pengukuran kadar glukosa dalam darahnya secara rutin. Padahal dianjurkan untuk melakukan pengukuran secara berkala agar dapat mengendalikan asupan nutrisi dalam tubuh.

Tugas akhir ini dibuat dengan memodifikasi penggunaan *oxymeter* dari *Nellcor ds-100a*. Yaitu dengan membaca daya yang diterima oleh *photodiode* yang dipancarkan oleh *LED(Light Emitting Diode) Inframerah* dan *LED* merah dan kemudian tegangan yang didapatkan dikonversikan menjadi sebuah hasil dengan cara tegangan dikalikan dengan konstanta dari hasil perhitungan standarisasi alat.

Pada tugas akhir ini diharapkan dapat menghasilkan yang prinsip kerjanya *non-invasive* sehingga orang dapat dengan mudah melakukan pengukuran kadar glukosa dalam darah mereka tanpa mengeluarkan darah dan mengalami rasa sakit. Alat yang akan dibuat bekerja dengan menggunakan prinsip kerja *photodiode* dan *infrared* serta *LED* merah yang terpengaruh oleh molekul glukosa dalam darah. Yang kemudian diproses oleh *microcontroller* yang berbasis *Arduino* yaitu *WEMOS D1*. Data pengujian untuk variasi penggunaan jari masing masing 30 sample. Dan untuk nilai *mean square of error (MSE)* terendah adalah 21.07

Kata Kunci : glukosa, darah, diabetes, *glucometer*, *non-invasive*, *nellcor ds-100a*, *microcontroller*

ABSTRACT

Diabetes mellitus is one of the deadly disease faced by peoples in Indonesia. The amount of this disease in Indonesia as many as 10 million people according to (IDF) International Diabetes Federation. In fact, according to the WHO Indonesia entered the top five countries with the number of patients with diabetes mellitus. The disease is caused by high levels of glucose in the blood. Patients will usually uncontrolled consumption of sugar in daily life - today. For the measurement of blood sugar levels so far the most people used are invasive method, that metode injure the patient's body. Techniques like this makes people reluctant to perform the measurement of blood glucose levels regularly. Though it is recommended to take measurements at regular intervals in order to control the intake of nutrients in the body.

The final task is made by modifying the use of oxymeter Nellcor ds-100a. By reading the voltage that received by photodiode emitted by Infrared LED and red LED and then to get the result, the voltaje will be multiply with the results of standardized calculation .

In this final project is expected to generate daat the working principles of non-invasive so people can easily make measurements of glucose levels in their blood without bleeding and pain. Tools that will be made to work using the working principle and infrared photodiode and a red LED are affected by glucose molecules in the blood. Which is then processed by a microcontroller who based on Arduino that's Wemos D1. Data testing for variations in the use of fingers have 30 samples for each finger. And for the lowest mean square of error (MSE) value is 21.07.

Keywords: *glucose, blood, diabetes, glucometer, non-invasive, Nellcor ds-100a, microcontroller*

1. Pendahuluan

Diabetes Mellitus merupakan salah satu jenis penyakit yang memiliki tingkat komplikasi yang lebih banyak daripada penyakit lainnya. Penderita diabetes di Indonesia dalam rentang waktu setahun, tepatnya 2014-2015, Indonesia menduduki peringkat ke-7 jumlah penderita diabetes melitus di seluruh dunia. Data World Diabetes Foundation sejak 2014 hingga tahun ini menyebutkan 382 juta jiwa di Indonesia merupakan penyandang Diabetes Mellitus. Dari angka tersebut dapat terlihat bahwa tingkat penderita Diabetes Mellitus sangat tinggi.

Kadar glukosa dalam darah adalah salah satu faktor yang menyebabkan penyakit Diabetes Mellitus. Kadar glukosa dalam darah tiap waktu dapat berubah - ubah tergantung kinerja insulin pada tubuh. Kadar glukosa dalam

darah menurut dokter idealnya harus diukur tiga kali dalam sehari pada penderita yang akut atau berpotensi. Pemeriksaan gula darah juga sebaiknya dilakukan ketika sakit, sesudah olahraga, dan ketika berat badan mendadak berkurang drastis.

Untuk pengukuran kadar glukosa dalam darah yang saat ini digunakan rata-rata adalah dengan menggunakan teknik inasive atau dengan cara mengambil sample darah pada pasien untuk kemudian diproses dengan alat. Hal ini yang terkadang membuat penderita malas untuk melakukan pengecekan kadar glukosa dalam darah secara berkala.

Oleh karena itu diperlukan sebuah alat yang dapat digunakan secara mudah dan mendapatkan hasil yang akurat. Pada penelitian sebelumnya (Hidayanto, Sutanto, & Arifin) dilakukan teknik yang hampir sama dan digunakan sensor yang sama juga. Pada penelitian tersebut disampaikan bahwa korelasi yang terbentuk antara tegangan dan kadar glukosa adalah 0.999. dan akurasi alat ~90%. Kemudian untuk penelitian lain (Bunda, 2014) juga kembangkan teknologi yang berbeda namun dengan prinsip kerja yang sama. Penulis menemukan gagasan lain untuk membuat alat pengukur kadar glukosa dalam darah secara non-invasive dengan judul penelitian “Perancangan Dan Implementasi Alat Pengukur Kadar Gula Dalam Darah Secara Non-Invasive Berbasis Arduino “. Diharapkan dengan adanya alat ini dapat mengetahui kadar gula dalam darah secara non-inasive.

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1 Glukosa

Glukosa ($C_6H_{12}O_6$, juga dikenal sebagai D-glukosa, dekstrosa, atau gula anggur) adalah gula sederhana (monosakarida) dan sebuah karbohidrat yang penting dalam biologi (Chazz). Glukosa juga merupakan produk dari respirasi sebuah sel. Glukosa dalam tubuh digunakan sebagai penyedia sumber energi.

Molekul glukosa dalam tubuh yang terletak dalam jaringan dibawah kulit antara 1-100mm dapat diestimasi melalui penembakan dengan cahaya dengan panjang gelombang antara 750 – 2500 nm seperti yang disampaikan pada jurnal (Vashist). Molekul glukosa dapat melkukan penyerapan atau pemantulan terhadap cahaya tersebut. Sehingga hal tersebut berpengaruh terhadap cahaya yang dilewatkan.

2.2 Wemos D1 Mini (ESP8266) (Team, 2015)

Arduino merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang sangat populer digunakan untuk membuat suatu *project* teknologi informasi. *Wemos D1 mini* merupakan sebuah arduino yang terintegrasi langsung dengan *wifi*. *Wemos D1 mini* memberikan efektifitas dan efisiensi dalam dimensi, biaya, dan daya.

2.3 Photoplethysmography (PPG) (Ramasahayam & Haindavi)

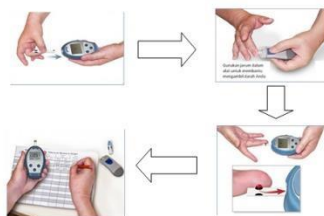
Photoplethysmography(PPG) adalah sebuah teknik penggunaan perangkat optik untuk melakukan pengukuran, yang sudah banyak digunakan adalah untuk mengukur denyut nadi, saturasi oksigen, dan perubahan volume darah. Teknik ini menggunakan suatu sumber cahaya dan detektor cahaya yang diletakan berhadapan sehingga dapat mengamati perubahan gelombang pulsa dari *cardio vaskular*.

2.4 Infrared (R. Derrick, Stulik, & Landry, 1999)

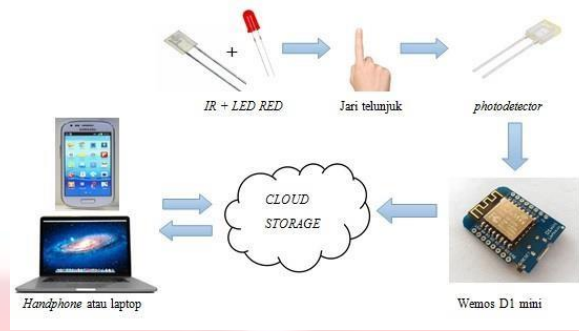
Infrared adalah sebuah gelombang elektromagnetik dengan *range* panjang gelombang gelombang antara 750nm sampai 10000nm dengan bilangan gelombang antara 14000 cm^{-1} sampai 20 cm^{-1} . Gelombang sinar *infrared* dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu *near infrared*, *mid infrared*, dan *far infrared*. *Near infrared (NIR)* merupakan kelompok inframerah dengan panjang gelombang 750-2500nm. Kelompok inframerah ini biasanya digunakan untuk melakukan pengukuran – pengukuran karena *NIR* mampu menembus jaringan dengan tebal 1mm – 100mm termasuk didalamnya dapat menembus tulang. *Mid Infrared (MIR)* memiliki panjang gelombang antara 2500-5000nm. Pada kelompok inframerah ini sering digunakan untuk keperluan kimiawi. Hal tersebut dikarenakan *MIR* sangat mudah terserap oleh molekul. *Far Infrared (FIR)* adalah inframerah yang spektrumnya paling dekat dengan gelombang mikro yaitu antara 5000 - 10000nm. *FIR* sangat sensitif terhadap getaran molekul – molekul. Sehingga *FIR* biasanya digunakan untuk identifikasi material yang tidak dapat dilakukan dengan *MIR*. *FIR* digunakan juga untuk melakukan identifikasi warna.

3. PEMBAHASAN

1.1 3.1 Gambaran Umum Sistem

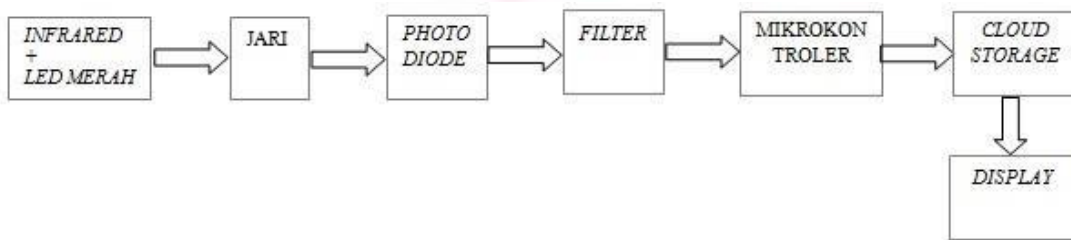


Gambar 3.1 pengukuran kadar glukosa dengan teknik *invasive*



Gambar 3.2 Gambaran kinerja alat pengukur kadar glukosa

Teknik *invasive* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1 merupakan teknik yang sudah umum digunakan dimasyarakat. Dimana teknik tersebut membutuhkan darah pasien untuk mengukur kadar glukosa dalam darahnya. Namun untuk penelitian ini dikembangkan alat yang bisa mengukur kadar glukosa dalam darah tanpa mengeluarkan darah seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2 tentang sistem dari alat yang dibuat. Dari gambar 3.2 ditunjukkan bahwa keseluruhan sistem dikontrol oleh perangkat *Wemos D1mini*. Untuk *IR*, *RED LED*, dan *Photodetector* semuanya sudah terintegrasi menjadi satu didalam sensor *oxymeter Nellcor DS-100a*. *Android* dapat mengakses *cloud pushingbox* untuk melihat hasil hasil pengukuran sebelumnya. Sehingga pengguna dapat melihat hasil pengukuran sebelumnya.



Gambar 3.3 Blok Diagram Kinerja Sistem

Infrared dan *LED merah* pada sistem ini digunakan sebagai pemancar cahaya untuk menyinari objek yang dianalisa yaitu jari. Dari cahaya yang dipancarkan oleh sumber akan melewati jari sebelum sampai ke *photodiode*. Pada saat melewati jari tersebut terdapat faktor hal yang mempengaruhi cahaya yang diterima oleh *photodiode*. Salah satunya adalah molekul - molekul glukosa dalam darah. Dari faktor molekul molekul gula darah tersebut maka akan terjadi perubahan yang intensitas cahaya yang diterima oleh *photodiode*. Sehingga keluaran sensor berupa tegangan analog dimana sensor menggunakan *port rs 232*.

Dari *port rs 232* tersebut dapat diambil pin - pin yang digunakan. Dari 9 pin yang ada hanya digunakan 4 pin untuk mengambil informasi yang diterima oleh *photodetector* dan juga yang digunakan untuk memberi catuan pada *Nellcor DS-100a*.

Dari *Nellcor DS-100a* melalui port A0 didapatkan angka desimal tegangan. Kemudian didalam *Wemos D1 mini* dilakukan proses *ADC* untuk mengkonversikan nilai tegangan analog yang terbaca menjadi nilai voltase digital. Untuk satu pin *Wemos D1 mini* dapat menerima hingga 10 bit data, sehingga dapat mengkonversikan data analog menjadi 1024 keadaan. Kemudian untuk pin A0 hanya dapat menerima input maksimal 3,3 volt. Berarti nilai yang direpresentasikan untuk 0 analog terbaca adalah 0 dan untuk 3,3volt adalah 1023. Jadi untuk nilai 3,3 volt dikonversi data digital 10 bit adalah sebagai berikut.

$$(3.1.1)$$

Jadi setiap nilai 1desimal mewakili tegangan sebesar 0.00322265625 volt. Maka untuk persamaan untuk merubah analog jadi digital adalah

$$(3.1.2)$$

Setelah nilai tegangan didapatkan, nilai tegangan kemudian diolah untuk diambil rata rata nilai tegangan tertinggi yang terbaca. Kemudian rata – rata tersebut dikalikan dengan hasil perhitungan antara korelasi kadar glukosa dalam darah dengan tegangan yang terbaca oleh *Wemos D1 mini*. Setelah didapat nilai glukosa dalam darah kemudian dikirim ke *cloud pushingbox* untuk dapat diakses menggunakan laptop ataupun *smartphone*, untuk *smartphone android* dapat mengunduh aplikasinya di playstore dengan nama *EasyIoT*

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan, implementasi dan pengujian didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil dibuat alat pengukur kadar glukosa dalam darah secara non-invasive dengan metode kalibrasi menggunakan regresi linier dan nilai MSE terendah adalah 21.07 yaitu pada penggunaan jari telunjuk kiri.
2. Alat akan menghasilkan keluaran yang akurat apabila catudaya yang diberikan stabil dan alat memiliki batasan maksimum pengukuran kadar glukosa dalam darah yaitu 276 mg/dL.
3. Hasil pengukuran alat paling tinggi akurasi diletakan pada jari telunjuk tangan kiri karena memiliki jaringan kulit lebih tipis sedangkan hasil keluaran alat sangat terpengaruh oleh ketebalan jaringan kulit yang diuji.

5.2 Saran

Adapun saran untuk tugas akhir atau penelitian selanjutnya :

1. Untuk pengembangan selanjutnya dibuat sistem yang lebih stabil hasil keluarannya
2. Digunakan metode lain untuk melakukan pendekatan nilai korelasi
3. Meningkatkan kinerja alat agar bisa digunakan pada semua jari dan menunjukkan hasil yang akurat.

DAFTAR REFERENSI

- Laser Diode Applications in a Continuous Blood Glucose Sensor. (2003). *Proc. SPIE*, 268-274.
- Bunda, R. A. (2014). *A Portable Non-invasive Blood Glucose Monitoring Device*. Univeriti Teknologi Malaysia.
- Chazz, d. (n.d.). *Principles of Biochemistry/Glucose, Glycogen and Diabetes*.
- Conway, J. M., Norris, K. H., & Bodwell, C. (n.d.). A new approach for the estimation of body composition: infrared interactance¹2. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1123-1131.
- Geddes, C. D., & Lakowicz, J. R. (2006). Topics in Topics in Fluorescence Spectroscopy. *Glucose Sensing*.
- Hidayanto, E., Sutanto, H., & Arifin, Z. (n.d.). *Design of Non-Invasive Glucometer using Microcontroller*. Semarang, Jawa Tengah, Indonesia: Physics Department, Diponegoro University.
- Khalil, O. S. (1999). Spectroscopic and Clinical Aspects of Noninvasive Glucose Measurements. *Clinical Chemistry*, 165-177.
- Langereis, G. (2010). *Photoplethysmography (PPG) system*.
- Larin, K. V., Motamedi, M., Ashitkov, T. V., & Esenaliev, R. O. (2003). *Specificity of noninvasive blood glucose sensing using optical coherence tomography technique: a pilot study*. INSTITUTE OF PHYSICS .
- Lopez, S. (2011). *Pulse Oximeter Fundamentals and Design*. Freescale Semiconductor, Inc.
- Pande, M. C., & Joshi, A. K. (n.d.). *Non-Invasive Optical Blood Glucose Measurement*. Pune, India: Department of Instrumentation & Control, Pune University.
- Poddar, R., Andrew, J. T., Shukla, P., & Sen, P. (2008). *Non-Invasive Glucose Monitoring Techniques: A review Current Trend*.
- R. Derrick, I. M., Stulik, D., & Landry, J. m. (1999). *Infrared spectroscopy in conservation science*. Los Angles: The Getty Conservation Institute.
- Ramasahayam, S., & Haindavi, S. (n.d.). *Non Invasive Estimation of Blood Glucose using Near Infra red Spectroscopy and Double Regression Analysis*. India: Center for VLSI and Embedded Systems Technology.
- Sajari, N. S. (2013). *Non Invasive Blood Glucose Level Detector*. Univeriti Teknologi Malaysia.
- Shulga, Y. (2006). *MODEL-BASED CALIBRATION OF A NON-INVASIVE BLOOD GLUCOSE MONITOR*. WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE.
- Smith, J. L. (2015). *The Pursuit of Noninvasive Glucose: "Hunting the Deceitful Turkey"*.
- Team, E. S. (2015). *ESP8266EX Datasheet*. Retrieved Mei 23, 2016, from espressif: <http://bbs.espressif.com/>
- Tirtariyadi, R. (2009). *Optical Glucometer Interface*. Ontario: M c M a s t e r U n i v e r s i t y.
- Vashist, S. K. (n.d.). *Non-Invasive Glucose Monitoring Technology in Diabetes Management*. Singapore: NUS Nanoscience and Nanotechnology Initiative (NUSNNI) NanoCore, National University of Singapore.