

Design of Non-Invasive Glucometer using Microcontroller ATMega-8535

Eko Hidayanto*, Heri Sutanto, Zaenal Arifin

Physics Department, Diponegoro University, Semarang, Indonesia

*Corresponding author's email: ekohidayanto@fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

Symptoms of Diabetes Mellitus (DM) or diabetes could be indicated by measuring blood sugar levels in the body. One of the health technology to detect blood sugar in non-invasive is to utilize the absorption of laser light and oxymeter sensor capable of generating a voltage change on a variety of fluid medium. This study has been designed using the blood sugar measuring device microcontroller ATMega 8535 as a minimum system in controlling the value of output in the form of data digital. System/equipment to be fabricated in this study is a non-invasive method (without injuring the patient's body when taking a blood sample) to determine the blood sugar content by exploiting the physical properties of absorption of laser sensors on a variety of blood sugar content. To improve the quality of the test data used 8-bit microcontroller that is capable of separating the output data 256 bits (binary). Each of these bit values can be used to replace manual sensor test results that have analogue voltage output of the data. This analogue data will then be converted to analogue to digital converter (ADC) into digital values are displayed in the liquid crystal display (LCD) that is directly readable by the measured/patients in a short period of time less than 5 minutes. The results of the research can be developed into a national program providing portable medical test equipment is cheap and movable.

Keywords: DM, Blood Sugar, Sensor of Oxymeter, Red Laser, Microcontroller ATMega 8535

ABSTRAK

Gejala penyakit Diabetes Mellitus (DM) atau kencing manis dapat diindikasikan dengan mengukur kadar gula darah dalam tubuh. Salah satu teknologi kesehatan untuk mendeteksi gula darah secara non-invasif adalah dengan memanfaatkan serapan sinar laser dan sensor oxymeter yang mampu menghasilkan perubahan tegangan pada berbagai medium cairan. Pada penelitian ini telah dirancang alat pengukur gula darah menggunakan mikrokontroler ATMega 8535 sebagai sistem minimum dalam pengontrolan nilai keluaran dalam bentuk data digital. Sistem/peralatan yang akan difabrikasi dalam penelitian ini merupakan metode non-invasif (tanpa melukai tubuh pasien saat mengambil sampel darah) untuk mengetahui kandungan gula darah dengan memanfaatkan sifat fisis penyerapan laser sensor pada berbagai kandungan gula darah. Untuk meningkatkan kualitas data pengujian ini digunakan mikrokontroler 8 bit yang mampu memisahkan data keluaran 256 bit (biner). Masing-masing nilai bit ini dapat dipakai untuk menggantikan hasil pengujian manual sensor yang mempunyai keluaran berupa data analog tegangan. Data analog ini selanjutnya akan diubah dengan analog to digital converter (ADC) menjadi nilai digital yang tertampil dalam layar liquid crystal display (LCD) yang langsung dapat dibaca oleh orang yang diukur/pasien dalam waktu singkat kurang dari 5 menit. Hasil-penelitian dapat dikembangkan menjadi program nasional penyediaan alat uji kesehatan portable yang murah dan movable.

Kata kunci: DM, Gula Darah, Sensor Oxymeter, Laser Merah, Mikrokontroler ATMega 8535

Pendahuluan

Diabetes mellitus (DM) adalah gangguan metabolisme yang dihasilkan dari cacat pada sekresi insulin dan/atau tindakan insulin, yang menghasilkan hiperglikemia dengan gangguan karbohidrat, lemak dan protein metabolisme [1]. Penyakit DM telah meningkat secara dramatis dalam beberapa dekade terakhir, terutama karena perubahan dalam gaya hidup, peningkatan prevalensi obesitas dan umur panjang. Di Indonesia prevalensi penyakit ini meningkat dari tahun ke tahun sehingga Indonesia merupakan negara yang menempati urutan keempat dengan jumlah penderita diabetes terbesar di dunia setelah India, Cina dan Amerika Serikat. Hal ini disebabkan karena sekitar 8,4% penduduk di Indonesia menderita DM pada tahun 2000 dan diperkirakan terus meningkat yaitu sebanyak 21,3 juta orang penderita diabetes melitus di Indonesia pada tahun 2030. Diabetes Melitus juga diketahui merupakan penyebab kematian tertinggi di bagian instalasi rawat inap di rumah sakit pada tahun 2005 di Indonesia yaitu sebanyak 3.316 kematian dengan *case fatality rate* (CFR) 7,9%. Selain itu, proyeksi global saat ini memperkirakan bahwa jumlah penderita DM telah meningkat 50% pada tahun 2010, dan hampir akan berlipat ganda pada tahun 2025 [2, 3]. *World Health Organization* (WHO) dan *International Diabetes Federation* (IDF) telah meramalkan bahwa jumlah penderita diabetes akan meningkat secara signifikan pada tahun 2030 menjadi sekitar 366 juta, meningkat 214% dibandingkan dengan persentase tahun 2006 [4].

Diabetes tipe 2 adalah penyakit yang sangat umum, ditandai dengan fase tanpa gejala antara onset sebenarnya hiperglikemia diabetes dan diagnosis klinis. Fase ini telah diperkirakan terakhir setidaknya 4-7 tahun, dan 30-50% dari kasus pasien diabetes tipe 2 tetap tidak terdiagnosis. Hal ini menyebabkan perkembangan kronis komplikasi diabetes, tetap menjadi masalah utama dalam perawatan pasien diabetes, dan yang menyebabkan kurangnya kemampuan untuk bekerja, cacat, dan kematian dini [5, 6].

Gejala awal yang dapat diketahui bahwa seseorang menderita *Diabetes Mellitus* (DM) atau kencing manis yaitu dilihat langsung dari efek peningkatan

kadar gula darah, dimana peningkatan kadar gula dalam darah mencapai nilai 160 - 180 mg/dL dan air seni (urine) penderita kencing manis yang mengandung gula (glucose), sehingga urine sering dilebeng atau dikerubuti semut.

Kondisi kadar gula yang drastis menurun akan cepat menyebabkan seseorang tidak sadarkan diri bahkan memasuki tahapan koma. Gejala kencing manis dapat berkembang dengan cepat dari waktu ke waktu dalam hitungan minggu atau bulan, terutama pada seorang anak yang menderita penyakit diabetes mellitus tipe 1. Lain halnya pada penderita diabetes mellitus tipe 2, umumnya mereka tidak mengalami berbagai gejala di atas. Bahkan mereka mungkin tidak mengetahui telah menderita kencing manis [7-12].

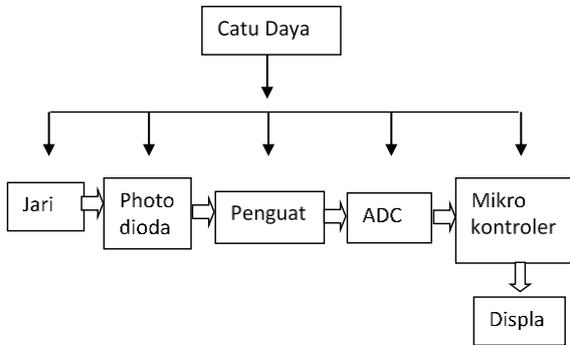
Untuk mengetahui seseorang mengidap penyakit diabetes adalah dengan menguji kadar gula dalam darah. Pengujian kadar gula dalam darah pada saat ini masih menggunakan teknik *invasive* (melukai) yaitu darah pasien di ambil dengan menggunakan jarum suntik. Hal ini merupakan salah satu penyebab dari beberapa pasien enggan untuk melakukan pengecekan gula darah. Selain itu, pengembangan teknik deteksi dini non-invasi kandungan gula darah dapat menghindari/meminimisasi kebutuhan dan angka kematian akibat penyakit *diabetes mellitus* ini.

Untuk itu pada penelitian ini akan dibuat alat untuk mengetahui hasil kadar gula dalam darah tanpa harus melukai pasien (*non-invasive*) menggunakan mikrokontroler ATmega 8535. Oleh karena itu alat ini mempunyai tingkat kepraktisan yang tinggi, lebih mudah untuk digunakan, dan dapat dibuat dari modifikasi alat *oxymeter* yang sebelumnya sudah ada di rumah sakit. Penelitian ini juga untuk menentukan sensitifitas alat pendeteksi kandungan gula darah dan hasilnya dapat disimpan dalam database excel.

Metode Penelitian

Pada tahap pertama dirancang dan dibuat catu daya yang stabil melalui simulasi dan mengevaluasinya secara eksperimental. Hasil eksperimental digabungkan dengan pengembangan software antar muka perangkat keras optik (LASER) untuk deteksi gula darah dan keluaran analog tegangan listrik yang

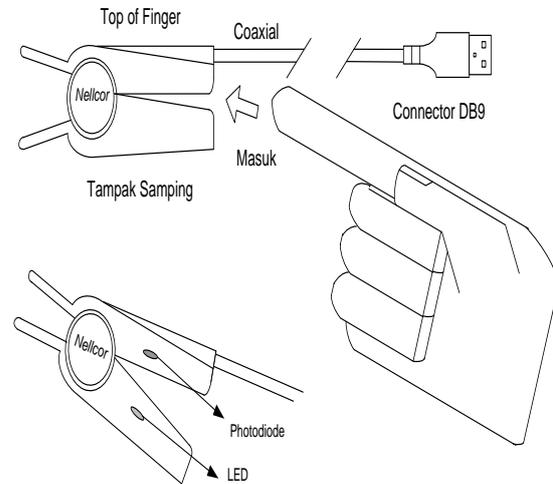
dikonversikan menjadi nilai terukur kandungan gula darah



Gambar 1. Diagram Blok Rancangan Sistem

Sensor yang digunakan pada alat yang akan dibuat ini adalah sensor saturasi oksigen buatan *Nellcor*. Sensor ini merupakan implementasi dari penelitian yang dilakukan Setsuo Takatani et.al. Sebelumnya telah dilakukan usaha untuk membuat sensor sendiri dengan memanfaatkan komponen (LED merah dan *Photodiode*) yang ada di pasaran/lokal, namun hasilnya tidak sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini disebabkan intensitas cahaya yang dipancarkan oleh kedua LED kecil sekali, sehingga spektrum cahaya yang menembus jaringan tubuh (dalam hal ini ujung jari tangan) juga kecil/sedikit dan tidak terdeteksi oleh *acceptor (photodiode)*.

Sensor/transduser yang digunakan harus bersifat *non-invasive* (tidak melukai bagian tubuh manusia/pasien) maka cara yang digunakan adalah menempelkan sensor/transduser ke permukaan kulit. Untuk menempelkan sensor/transduser ke permukaan kulit ini ada beberapa kemungkinan posisi sensor. Bila sistem ditujukan pada balita (sistem pengukuran yang bersifat *non-invasive* sangat dibutuhkan di sini) maka sensor harus ditempelkan di tumit kaki dan dengan demikian sensor sebaiknya menangkap pantulan bukan transmisi cahaya mengingat ketebalan jaringan yang harus ditembus. Alternatif lain bila sensor ditujukan untuk orang dewasa, maka posisi sensor dapat pada ujung jari (*finger tip*) atau pada cuping telinga (*ear lobe*). Gambaran realisasi sensor ditunjukkan gambar 2.



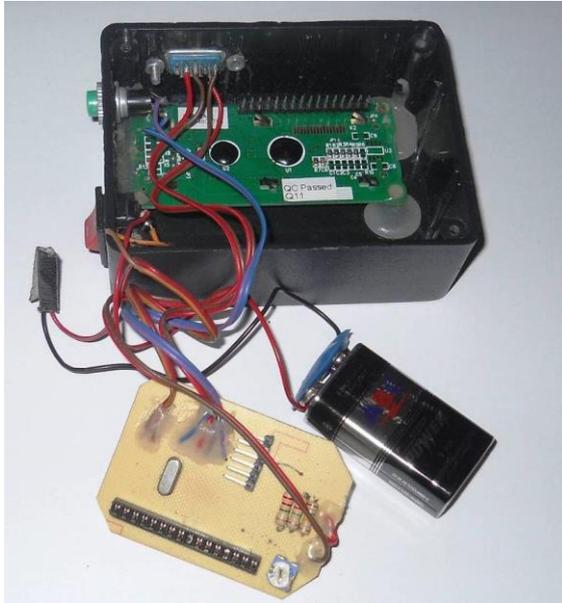
Gambar 2. Realisasi Sensor Optik

Hasil dan Pembahasan

Analisis Hasil Uji Awal

Nilai voltase/tegangan keluaran sensor belum linear terhadap nilai gula darah bisa disebabkan oleh beberapa hal diantaranya pemasangan sensor yang tidak konsisten (mentok/tidak), adanya kemungkinan cahaya lain yang masuk selain bersumber dari LED dan infrared sensor menyebabkan cahaya yang diterima receiver sensor tidak murni, sensor ini bekerja dengan cara mengkonversi cahaya dari LED/infrared yang mengenai receiver sensor ke besaran tegangan sehingga ketebalan jari juga berpengaruh pada hasil (lebih tebal tangan menyebabkan intensitas yang sampai ke receiver semakin kecil). Hasil uji 3 alat yang digunakan memberikan nilai yang berbeda karena beberapa hal yaitu penggunaan voltase yang berbeda untuk menyalakan sensor (alat 1 = 5v alat 2 = 1,6v), pemasangan jari pada sensor berbeda yaitu kuku di bagian atas dengan kuku dibagian bawah.

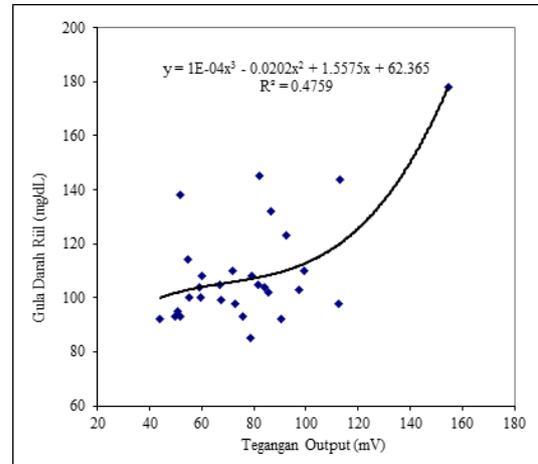
Realisasi Alat Glukometer Non-Invasive



Gambar 3. Hasil pembuatan prototipe divais glukometer non invasive

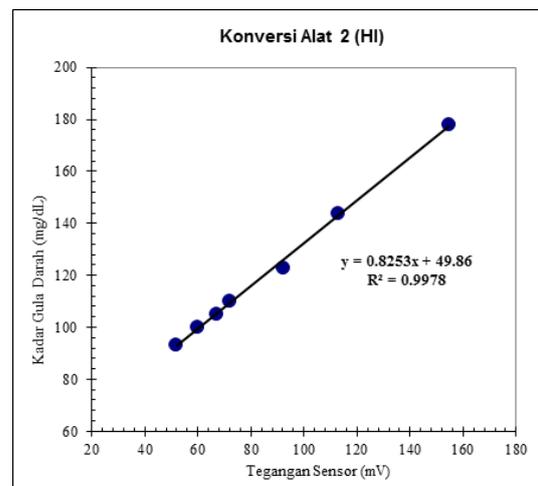
Pengujian Sensor Terhadap Catu Daya

Pengujian sensor terhadap catu daya ini berfungsi untuk mengetahui tegangan keluaran yang dihasilkan sensor, pengujian ini juga digunakan untuk mencari persamaan yang akan dimasukkan ke dalam program pada prototype alat yang dibuat. Hasil pengujian tegangan keluaran dengan pengujian kadar gula darah secara laborat terhadap 29 sampel/orang ditunjukkan gambar berikut 4.



Gambar 4. Hasil pengujian tegangan keluaran sensor dan nilai gula darah secara invasive.

Dari hasil penelitian yang tertampil pada gambar 4 menunjukkan bahwa pola sebaran nilai keluaran tegangan dan nilai aktual kandungan gula darah masih menunjukkan pola yang eksponensial dengan orde 3. Hal ini sangat sulit jika direalisasikan dalam pembuatan divais elektronika dengan keluaran yang tidak linier. Dari hasil ini tim peneliti melakukan optimalisasi catu daya keluaran dari sensor utuk meminimisasi ketidaksesuaian antara nilai pengukuran dengan alat/divais yang dikembangkan dengan nilai sebenarnya merujuk pada hasil pemeriksaan laboratorium. Adapun kegiatan peningkatan sensitifitas alat pada tahap ini seperti hasil yang ditampilkan gambar 5.



Gambar 5. Hasil pengujian tegangan keluaran sensor dan nilai gula darah secara non-invasive.

Hasil optimalisasi catu daya sensor telah mampu meningkatkan linieritas hasil pengukuran dengan hasil actual. Diperoleh hubungan linier antara tegangan keluaran sensor dengan kandungan gula darah dengan persamaan $y = 0,825x + 49,86$, dengan $y =$ nilai kandungan gula darah (mg/dL) dan $x =$ tegangan sensor (mV). Hasil ini memberikan stabilitas alat yang dikembangkan dengan koefisien korelasi sebesar 0,999.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dibuat prototype alat pengujian kadar gula darah non invasive dengan akurasi ~90%.
2. Semakin besar tegangan sensor menunjukkan kadar gula darah semakin besar.
3. Alat yang telah dibuat akurat digunakan untuk pengujian gula darah dengan peletakan sensor pada ibu jari dengan syarat kuku pasien tidak ada lapisan kutek/pewarna buatan.
4. Optimalisasi alat akan dilakukan dengan meningkatkan akurasi alat dengan meningkatkan kestabilan catu daya sensor dan mengurangi factor serapan cahaya dari luar. Alat akan dikembangkan untuk pengujian kandungan gula darah rendah, normal dan untuk pasien DM.

Ucapan Terima Kasih

Tim penulis/peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas pendanaan riset ini dari Ditlitabmas, Kementerian Ristek dan Dikti Republik Indonesia, melalui proyek Hibah Penelitian Strategis Nasional Tahun 2015 dan pihak lain yang membantu dalam berbagai uji analisis baik sampel maupun peralatan.

Daftar Pustaka

- [1] M. M. C. Hovens, F. A. Van de Laar, S. C. Cannegieter, J. P. Vandenbroucke, (2005), *Acetylsalicylic acid (Aspirin) for primary prevention of cardiovascular disease in type 2 Diabetes Mellitus*, Cochrane Database of Systematic Reviews, 3
- [2] Zeev Arinzon, Shay Shabat, Ishay Shuval, Alexander Peisakh, Yitshal Berner, (2008), *Prevalence of diabetes mellitus in elderly patients received enteral nutrition long-term care service*, Archives of Gerontology and Geriatrics, 47 (3), 383-393 <http://dx.doi.org/10.1016/j.archger.2007.09.001>
- [3] M. Angelyn Bethel, Frank A. Sloan, Daniel Belsky, Mark N. Feinglos, (2007), *Longitudinal incidence and prevalence of adverse outcomes of diabetes mellitus in elderly patients*, Archives of Internal Medicine, 167 (9), 921-927
- [4] Sultan Al Mubarak, Marwan Abou Rass, Abdulaziz Alsuwyed, Khalid Al-Zoman, Abdulaziz Al Sohail, Samia Sobki, Mohammed Tariq, Asirvatham Alwin Robert, Sebastian Ciancio, Paresh Dandona, (2010), *A new paradigm between mechanical scaling and root planing combined with adjunctive chemotherapy for glycated hemoglobin improvement in diabetics*, International Journal of Diabetes Mellitus, 2 (3), 158-164 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdm.2010.08.006>
- [5] B. Piechowski-Jozwiak, A. Maulaz, J. Bogousslavsky, (2005), *Secondary Prevention of Stroke with Antiplatelet Agents in Patients with Diabetes mellitus*, Cerebrovascular Diseases, 20(suppl 1) (Suppl. 1), 15-23
- [6] Annemieke MW Spijkerman, Jacqueline M Dekker, Giel Nijpels, Marcel C Adriaanse, Piet J Kostense, Dirk Ruwaard, Coen DA Stehouwer, Lex M Bouter, Robert J Heine, (2003), *Microvascular Complications at Time of Diagnosis of Type 2 Diabetes Are Similar Among Diabetic Patients Detected by Targeted Screening and Patients Newly Diagnosed in General Practice The Hoorn Screening Study*, Diabetes Care, 26 (9), 2604-2608
- [7] Jamal Ahmad, Dalia Rafat, (2013), *HbA1c and iron deficiency: A review*, Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews, 7 (2), 118-122 <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsx.2013.02.004>
- [8] Henrik B. Mortensen, Peter G. F. Swift, Reinhard W. Holl, P. Hougaard, Lars Hansen, Hilde Bjoerndalen, Carine E. De Beaufort,

Journal homepage: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/sm>

- Michael Knip, Diabetes and Hvidoere Study Group on Childhood, (2010), *Multinational study in children and adolescents with newly diagnosed type 1 diabetes: association of age, ketoacidosis, HLA status, and autoantibodies on residual beta-cell function and glycemic control 12 months after diagnosis*, *Pediatric Diabetes*, 11 (4), 218-226 10.1111/j.1399-5448.2009.00566.x
- [9] Thomas R. Csorba, Andrew W. Lyon, Morley D. Hollenberg, (2010), *Autoimmunity and the pathogenesis of type 1 diabetes*, *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 47 (2), 51-71 10.3109/10408361003787171
- [10] Nancy Beck Irland, (2010), *The Story of Type 1 Diabetes*, *Nursing for Women's Health*, 14 (4), 327-338 10.1111/j.1751-486X.2010.01564.x
- [11] MF Al Homsy, ML Lukic, (1992), *An Update on the pathogenesis of Diabetes Mellitus*, Department of Pathology and Medical Microbiology (Immunology Unit) Faculty of Medicine and Health Sciences, UAE University, Al Ain, United Arab Emirates
- [12] E. P. Netty, (2002), *Diabetes Mellitus Tipe I dan Penerapan Terapi Insulin Flexibel pada Anak dan Remaja*, Diajukan pada Forum Komunikasi Ilmiah (FKI) Lab./SMF Ilmu Kesehatan Anak FK UNAIR/RSUD Dr. Soetomo Surabaya