

Alat Ukur Kadar Gula Darah dan Informasi Dosis Insulin Berbasis Sinyal Photoplethysmograph (PPG)

Putri Madona¹, Erwin Saputra², Hendri Novia Syamsir³
^{1,2,3}Politeknik Caltex Riau,
dhona@pcr.ac.id, erwinsaputra8@gmail.com, hendri@pcr.ac.id

Diterima: 29 Agustus 2017
Disetujui: 22 Desember 2017

Abstract — Glucose and corresponding required insulin dosage measurement based on Photoplethysmograph (PPG), is a non-invasive method. The PPG equipment is able to calculate the insulin dosage based on BMI (Body Mass Index) information. The resulted PPG Signal will be transferred into microcontroller to be examined and converted into glucose index and insulin dosage displayed on the LCD screen. Taken 15 respondent to be examined with 20 up to 50 range of ages. The resulted measurements are compared with the one resulted by conventional measurement method. Based on the analysis, the proposed method is able to examine the glucose and insulin dosage up to 80% of accuracy in average. Keywords— Gula Darah, PPG, insulin, non-invasive. Index

I. PENDAHULUAN

Alat ukur di bidang medis sangat dibutuhkan terutama untuk memberikan informasi terkini kesehatan seseorang berdasarkan parameter kesehatan yang akan di ukur. Salah satunya adalah gula darah. Gula darah merupakan parameter medis yang dapat menjadi acuan diagnosis penyakit diabetes. WHO mencatat bahwa sekitar 1,5 juta orang telah meninggal disebabkan oleh penyakit diabetes dan diabetes dinyatakan sebagai penyakit ke-7 didunia yang paling banyak menyebabkan kematian di tahun 2030 (WHO,2015).

Penelitian lain menyatakan bahwa penyakit yang berkaitan dengan gula darah yang tinggi dalam tubuh dapat menyebabkan munculnya penyakit lain seperti hipertensi, kerusakan serius khususnya saraf dan pembuluh darah, kerusakan ginjal, kerusakan mata, penyakit jantung, dan stroke.

Pemeriksaan dini terhadap kondisi gula darah dapat membantu seseorang terhindar dari kemungkinan terjadinya diabetes. Bagi orang yang telah menderita diabetes maka pemeriksaan rutin sangat bermanfaat untuk menjalankan pola hidup yang lebih baik untuk mengontrol dan mencegah kemungkinan munculnya penyakit lain. Namun metode yang umumnya ada saat ini harus menggunakan jarum dan sampel darah

(*invasive*) untuk dapat mengetahui kadar gula darah seseorang. Sehingga bagi penderita diabetes hal ini tidak nyaman dan berpotensi infeksi mengingat mereka harus rutin memeriksa gula darahnya.

Pada penelitian [1] dinyatakan bahwa dengan melakukan analisa secara detail pada sinyal Photoplethysmograph (PPG) dapat memberi informasi yang berkaitan dengan penyakit diabetes maupun radang sendi.

Oleh karena itu pada penelitian ini dirancang sebuah alat yang dapat mengukur gula darah seseorang dengan cara *non-invasive*. Alat ini juga dapat memberi informasi dosis insulin yang dibutuhkan atau tidak oleh penggunanya. Alat ini diharapkan dapat membantu dan memberi kemudahan bagi penggunanya dalam mengukur kondisi gula darahnya untuk mengatur pola hidup yang baik agar terhindar dari bermacam penyakit

II. LANDASAN TEORI

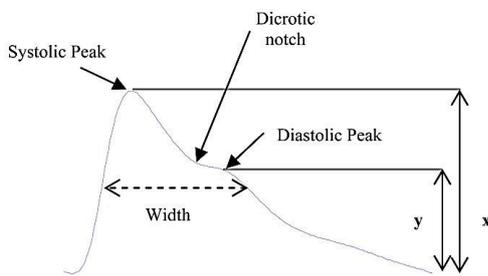
A. Review Penelitian Terkait

Penelitian sebelumnya sudah melakukan akuisisi data sinyal PPG menggunakan photodiode. Penelitian ini akan mengolah sinyal PPG tersebut menjadi nilai gula darah dan sekaligus menentukan kadar insulin yang dibutuhkan atau tidak dibutuhkan berdasarkan nilai gula darah sehingga memudahkan penggunanya untuk mengetahui kebutuhan

insulin bagi tubuhnya. Penentuan kadar insulin menggunakan tabel Subcutaneous Insulin Order Set oleh Banner Good Samaritan Medical Center (Banner, 2006) [2].

B. Photoplethysmograph (PPG)

Photoplethysmograph atau PPG merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengukur perubahan volume darah pada suatu organ atau tubuh dengan menangkap sinyal yang terbentuk saat sumber cahaya diteruskan pada jaringan kulit menggunakan sensor optik. PPG adalah representasi dari perubahan volume aliran darah akibat pemompaan darah oleh jantung. Gambar 1 adalah pola dari sinyal PPG.



Gambar 1 Pola Sinyal PPG

C. Glukosa Darah

Glukosa darah atau gula darah mengacu pada gula yang diangkut melalui aliran darah untuk memasok energi bagi semua sel dalam tubuh. Glukosa dalam darah berasal dari makanan yang kita makan. Tubuh manusia dapat mengatur kadar glukosa darah agar tidak terlalu tinggi atau terlalu rendah untuk menjaga keseimbangan dalam darah.

Kadar glukosa dalam darah dapat berubah-ubah menjadi naik atau turun dari jam ke jam, dari hari ke hari, tergantung pada makanan yang dikonsumsi dan aktifitas fisik seseorang. Adapun kadar gula darah yang normal adalah sebagai berikut [3]:

- a. Gula darah puasa (8 jam tidak makan)= 70-110 mg/dl
- b. Gula darah 2 jam PP (2 jam sesudah makan)= 100-140 mg/dl
- c. Gula darah acak = 70-125 mg/dl

D. Insulin

Insulin adalah hormon yang diproduksi oleh organ pankreas yang berfungsi dalam mengatur metabolisme karbohidrat dan tingkat gula darah dalam tubuh agar tetap normal

(Yahya, 2014). Hubungan antara BMI (Body Mass Index) terhadap kebutuhan insulin tubuh ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Subcutaneous Insulin Order Set oleh Banner Good Samaritan Medical Center

Gula darah	BMI <25	BMI 25-30	BMI >30
	Dosis Insulin (unit)	Dosis Insulin (unit)	Dosis Insulin (unit)
<70 mg/dl	Tidak butuh insulin	Tidak butuh insulin	Tidak butuh insulin
70-150 mg/dl	0,4	0,5	0,6
151-175 mg/dl	1,4	2,5	3,6
176-200 mg/dl	2,4	4,5	5,6
201-225 mg/dl	3,4	6,5	7,6
226-250 mg/dl	5,4	8,5	9,6
251-275 mg/dl	7,4	10,5	11,6
276-300 mg/dl	9,4	12,5	14,6
>300 mg/dl	12,4	14,5	18,6

III. PERANCANGAN SISTEM

Untuk mendapatkan hubungan antara besarnya nilai kadar gula darah terhadap nilai ADC yang dihasilkan oleh alat ukur yang dibuat, maka dilakukan pengujian awal. Pengujian awal dilakukan terhadap 15 subjek uji dengan rentang usia 20 – 55 tahun. Tiga dari 15 subjek uji memiliki penyakit gula darah. Dari hasil pengujian awal ini akan didapatkan persamaan korelasi antara nilai ADC dengan nilai kadar gula darah dalam tubuh.

Pada mikrokontroler, nilai ADC dari masing-masing puncak sinyal pada pengambilan sampel sinyal PPG oleh sensor selama 12 detik akan di rata-ratakan. Nilai rata-rata tersebut kemudian akan dikonversi ke dalam nilai kadar gula darah menggunakan persamaan yang didapat sebelumnya.

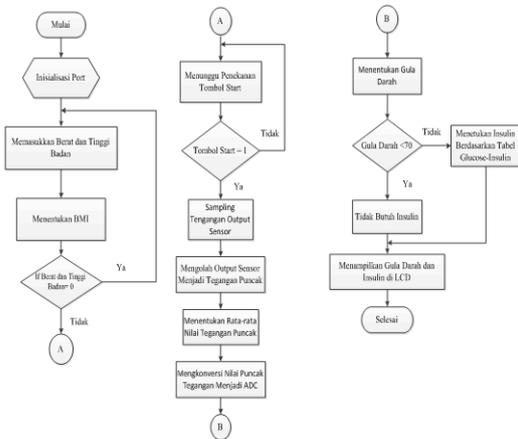
Kemudian untuk memberikan informasi kadar insulin yang dibutuhkan berdasarkan pada nilai gula darah subjek uji adalah dengan menggunakan ketentuan dari Subcutaneous Insulin Order Set oleh Banner Good Samaritan Medical Center pada tabel 1



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

A. Flowchart

Flowchart pengolahan data sinyal PPG pada Mikrokontroler ditunjukkan pada gambar 3 di bawah ini:

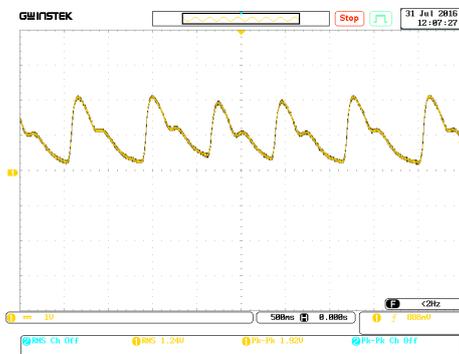


Gambar 3. Flowchart Pengolahan Sinyal pada Mikrokontroler

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Raw Data Sinyal PPG dan Konversi nilai ADC

Akuisisi sinyal PPG menggunakan sensor fotodiode telah dilakukan [4] pada penelitian sebelumnya. Sinyal yang dihasilkan oleh rangkaian pengolah sinyal merupakan sinyal analog, agar dapat diolah lebih lanjut maka sinyal ini perlu diubah menjadi sinyal digital dengan menggunakan ADC. Pengubahan sinyal analog menjadi digital dilakukan oleh mikrokontroler Atmega 32 yang memiliki fungsi ADC. Berikut sinyal yang didapat saat pengukuran:



Gambar 4. Sinyal PPG dari pengukuran sensor

Sinyal digital yang akan di hasilkan akan berupa biner, dimana nilai terbesar yang dapat

dihasilkan adalah 1023 bit dengan tegangan referensi 5 V. Berikut tabel hasil konversi ADC:

Tabel 2. Hasil konversi tegangan ke ADC Terhadap Gula Darah

Gula Darah (mg/dl)	Vout Sensor (V)	Nilai ADC
75	1,203	246,13
80	1,22	249,61
85	1,249	255,54
90	1,288	263,52
95	1,323	270,68
100	1,356	277,43
105	1,364	279,07
110	1,403	287,05
115	1,413	289,09
120	1,44	294,62
125	1,454	297,48
130	1,471	300,96
135	1,494	305,67
140	1,515	309,96
145	1,524	311,81
150	1,568	320,81
155	1,592	325,72
160	1,616	330,63
165	1,634	334,31
170	1,645	336,56

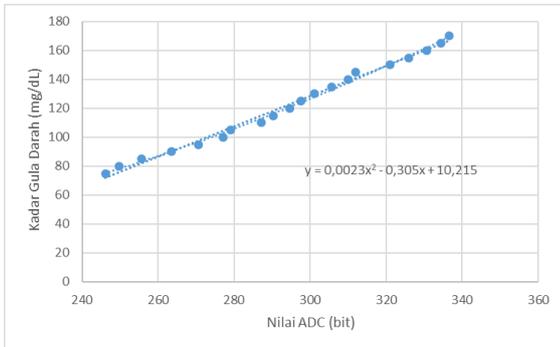
B. Kalibrasi dan Pengujian Awal

Pengolahan data dilakukan oleh mikrokontroler Atmega 32 untuk memperoleh nilai puncak dari sinyal PPG. Pada saat pengukuran gula darah, mikrokontroler akan mengambil sinyal selama 1 menit kemudian akan dihitung nilai rata-ratanya.

Untuk proses kalibrasi, dilakukan pengukuran gula darah menggunakan alat rancangan dan dibandingkan dengan alat ukur gula darah konvensional invasive merk *Accu Check* pada saat bersamaan. Dari hasil perbandingan tersebut akan didapatkan persamaan korelasi antara nilai ADC terhadap nilai gula darah.

Persamaan tersebut kemudian digunakan didalam program yang akan di-*upload* kedalam mikrokontroler sehingga alat rancangan dapat menampilkan informasi yang berupa nilai kadar gula darah pada LCD.

Pengukuran kadar gula darah dilakukan terhadap 10 subjek uji. Pengukuran ini bertujuan untuk melihat hubungan antara nilai ADC dengan nilai kadar gula darah yang bervariasi. Hasil pengukuran disajikan pada grafik berikut ini.



Gambar 5. Hubungan antara nilai ADC dengan Kadar gula darah

Berdasarkan grafik diatas, hubungan antara nilai ADC dengan gula darah didapat melalui persamaan 1 sebagai berikut:

$$y = 0,0023x^2 - 0,305x + 10,215 \quad (1)$$

dimana,

x = nilai ADC (bit)

y = kadar gula darah (mg/dl)

C. Pengujian Sistem

Pengukuran pada alat rancangan dilakukan sebanyak 3 kali pada masing-masing subjek uji. Hal ini dilakukan untuk dapat mengetahui kepresisian dari alat rancangan. Nilai akurasi diperoleh dengan membandingkan nilai gula darah alat rancangan terhadap nilai Accu Check pada setiap pengukurannya. Berikut adalah tabel hasil pengukuran 2 subjek uji dari alat rancangan dan Accu Check.

Tabel 3. Hasil pengujian alat rancangan

Subyek Uji	Nilai Gula Darah (mg/dl)			Error Nilai Gula Darah (%)	BMI	Saran Insulin	
	Pengukuran Alat rancangan	Mean Pengukuran Alat rancangan	Accu Check			Referensi	Alat rancangan
1	111	115	118	2.54	16	0.4	0.4
	126						
	108						
2	73	97.3	89	9.3	22	0.4	0.4
	109						
	110						

Dari tabel 3 di atas dapat dilihat, untuk subyek uji 1 nilai rata-rata gula darah dari alat yang dibuat adalah 115. Jika dihitung nilai Deviasi dan Standart Deviasi (SD) di dapatkan nilai Deviasi sebesar 7.3 dan SD sebesar 7.87 dengan nilai Akurasi 97.46%. Sementara pada subyek uji 2 nilai rata-rata gula darah yang ditunjukkan oleh alat rancangan adalah sebesar 97.33. Dimana hasil perhitungan Deviasinya 16.23 dan SD sebesar 17.21 dengan nilai Akurasi 90,7%.

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa nilai akurasi pada pengujian 2 subyek uji ini cukup baik. Namun tingkat kepresisian alat rancangan masih sedikit rendah. Hal ini dapat dilihat dari variasi hasil pengukuran yang ditunjukkan pada pengujian subjek yang sama dalam beberapa kali pengujian. Nilai rata-rata Deviasi adalah 11.77 dan SD 12.54.

Untuk perhitungan saran insulin yang dibutuhkan, dari tabel 1 yang digunakan sebagai acuan bagi penentuan kebutuhan insulin, untuk subyek 1 dengan BMI 16 dan nilai kadar gula darah 115 mg/dl, maka dosis insulin yang dibutuhkan adalah 0.4 unit. Dari tabel pengujian, saran insulin

Pada subyek uji 2, dengan BMI 22 dan nilai kadar gula darah 97.3 mg/dl, maka dosis insulin yang dibutuhkan adalah 0.4 unit. Dari tabel pengujian, saran insulin yang ditampilkan oleh alat rancangan juga 0.4 unit. Dari hasil tersebut, alat rancangan sudah mampu menghasilkan nilai dosis insulin yang dibutuhkan sesuai referensi pada tabel 1.

V. SIMPULAN

Dari hasil pengujian pada 2 subyek uji dengan pengulangan pengambilan data sebanyak 3 kali pada waktu yang hampir bersamaan, didapatkan rata-rata persentasi kesalahan sebesar 5,92% dengan Deviasi adalah 11.77 dan SD 12.54. Kepresisian dari alat rancangan masih harus ditingkatkan, agar dapat meningkatkan nilai akurasi dari alat rancangan. Variasi nilai pengukuran gula darah dapat disebabkan oleh sensor photo dioda yang dibuat yang masih sangat rentan terhadap pergerakan. Sehingga perlu sensor yang lebih tahan terhadap pergerakan maupun noise.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Swarup, Sarkar., *Fingertip Pulse Wave (PPG Signal) Analysis and Heart Rate Detection*. International Jurnal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2012.
- [2]. Banner Good Samaritan Medical Center., *Subcutaneous Insulin Order Set*, 2006.
- [3]. Tandra. Hans.. *Segala Sesuatu Yang Harus Anda Ketahui Tentang Diabetes*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 2007.
- [4]. Annisa, Chitra, Madona, P., *Akuisisi data Sinyal Photoplethysmograph (PPG) Menggunakan Sensor Photodiode*, Jurnal Politeknik Caltex Riau, November 2016