

RANCANG BANGUN ALAT UKUR KADAR GULA DARAH NON- INVASIVE BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51 DENGAN MENGUKUR TINGKAT KEKERUHAN SPESIMEN URINE MENGUNAKAN SENSOR FOTODIODA

Eko Satria, Wildian

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163
e-mail: eko_dwarrior@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan alat ukur gula darah *non-invasive*, yaitu alat yang dapat mengukur kadar gula darah tanpa harus menguji dan memeriksa darah secara langsung tetapi menggunakan *urine* sebagai spesimen berbasis mikrokontroler AT89S51 menggunakan sistem sensor yang terdiri dari LED *infrared* dan fotodioda. Kemudian hasil pengukurannya ditampilkan pada LCD karakter 2x16. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Universitas Andalas. Pengambilan sampel *urine* dilakukan di Rumah Sakit M. Djamil Padang. Alat ini bekerja dengan mengindera tingkat kekeruhan dari spesimen *urine* yang telah direaksikan dengan larutan *benedict*. Kekeruhan spesimen *urine* akan menyebabkan intensitas cahaya inframerah yang diterima oleh sensor fotodioda berkurang. Penurunan intensitas cahaya yang diterima oleh sistem sensor ini menyebabkan kenaikan tegangan keluaran sistem. Hasil pengukuran kadar gula darah dengan alat yang dibuat kemudian dibandingkan dengan kadar gula darah hasil analisis laboratorium Rumah Sakit. Alat yang dibuat mempunyai kesalahan relatif maksimum sebesar 9,8%.

Kata Kunci : fotodioda, mikrokontroler AT89S51, kadar gula darah, *non-invasive*

ABSTRACT

This research's goal is to create a non-invasive (not damage organs or tissues) blood glucose level measuring instrument. In order to measure blood glucose level, this instrument is not test the blood directly but it uses urine specimen instead. This instrument based on AT89S51 microcontroller using a sensor system which consist of infrared LED and photodiode, and the result of measurement is displayed on a 2 x 16 characters LCD. This research was conducted at Laboratory of Electronics and Instrumentation, Physics Department, Andalas University. Urine samples taken from M. Djamil Hospital in Padang. This instrument works by sensing the turbidity level of urine specimen which has been reacted with benedict. The turbidity of urine specimen causes infra red intensity which is received by photodiode sensor decrease. The descent of light intensity which is received by sensor system causes the increment in system output voltage. The result of blood glucose level measurement with this instrument was then compared to laboratory measurement. The instrument have maximum relative error is about 9,8 %.

Keywords: photodiode, AT89S51 microcontroller, blood glucose level, non-invasive

I. PENDAHULUAN

Bagi pasien diabetes, pengontrolan gula darah merupakan hal penting yang harus selalu dilakukan. Dibutuhkan alat yang dapat mendeteksi kadar gula darah dengan cepat. Diagnosis dini dan pengelolaan berkelanjutan sangat penting untuk menjamin kehidupan yang sehat dan menghindari masalah peredaran darah dan penyakit lain yang disebabkan oleh diabetes, seperti gagal ginjal, penyakit jantung, dan kebutaan (World Health Organization, 2011).

Saat ini praktek untuk pendiagnosaan diabetes bergantung pada pemantauan glukosa darah. Pasien harus menusuk jari atau lengan mereka untuk mengambil sampel darah. Bagi pasien diabetes, monitoring kadar gula darah perlu dilakukan minimal 4 kali dalam sehari untuk mendapatkan sampel darah atau sekitar 1800 kali per tahun untuk memeriksa kadar glukosa dan butuh waktu pengujian di laboratorium sekitar 2 jam. Banyak laporan tentang terjadinya infeksi yang diakibatkan oleh penyuntikan. Infeksi terjadi karena penderita DM tidak bisa memproduksi insulin dalam tubuhnya. Insulin sangat penting dalam penyerapan dan pengolahan glukosa dalam sel-sel tubuh untuk menghasilkan energi. Kekurangan energi pada bagian luka

atau sel yang rusak akan menyebabkan penyembuhan yang lama bahkan infeksi (John, 2011). Sebagai alternatif, pendekatan untuk mengukur konsentrasi glukosa dalam cairan tubuh termasuk *urine*, air liur, dan cairan air mata, memiliki potensi besar untuk diagnosis *non-invasive* (pendiagnosaan penyakit tanpa melukai tubuh pasien) penyakit diabetes.

Tes *urine* sebagai diagnosis untuk diabetes telah dilakukan selama lebih dari seabad. Pada tahun 1941, Divisi Ames Miles Laboratories (seorang dokter bernama Walter Ames Compton), di Elkhart, Indiana, memperkenalkan tablet tes standar untuk gula tertentu yang melibatkan sulfat tembaga, yang disebut Larutan *benedict*. Salah satunya-CLINITEST, tablet dapat ditambahkan ke beberapa tetes *urine*, dan warna yang dihasilkan, dari biru terang sampai jingga yang mengindikasikan tingkat glukosa dalam *urine*.

Penelitian-penelitian yang terkait dengan pengukuran kadar glukosa darah melalui cairan ekskresi terutama *urine* telah dilakukan oleh beberapa peneliti dengan memanfaatkan penelitian yang telah dilakukan oleh Walter Ames Compton (larutan *benedict*) dan Ernestt Adam (*urine strip*) dengan melarutkan *benedict* ke dalam *urine* yang mengandung glukosa. Syailendra (2009) telah melakukan penelitian yang terkait dengan hal ini dengan mereaksikan larutan *benedict* dengan *urine* kemudian menerjemahkan intensitas cahaya yang dapat diteruskan larutan dengan sensor LDR.

Reaksi antara larutan kimia ini dengan *urine* akan menghasilkan perubahan warna sesuai dengan tinggi kadar gula darah penderita DM. Dari penelitiannya dapat disimpulkan bahwa tiap warna yang dibiaskan oleh *urine* memiliki daya serap cahaya yang berbeda-beda, semakin gelap warna yang dilewati sumber cahaya maka semakin besar tegangan yang dihasilkan, dan semakin cerah warna yang dihasilkan tegangan yang dihasilkan semakin rendah. Semakin tinggi tegangan yang dihasilkan maka semakin tinggi kadar gula yang terkandung, sebaliknya semakin rendah tegangan yang dihasilkan maka kadar gula yang terkandung semakin rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Reza (2011) yang berkesimpulan bahwa reaksi antara glukosa dan larutan *benedict* akan menyebabkan adanya gula pereduksi. Semakin banyak gula pereduksi maka larutan tersebut akan menyerap cahaya lebih banyak (Reza, 2011).

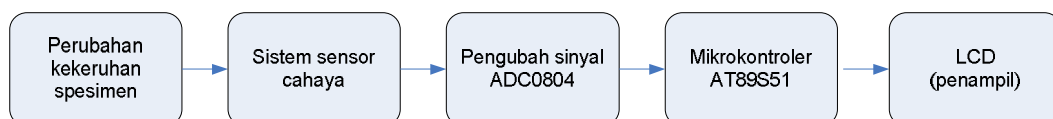
Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan serta teori yang mendukung yang telah dipaparkan maka dilakukan penelitian untuk membuat alat ukur gula darah *non-invasive*. Pengukuran gula darah yang dilakukan dalam penelitian ini tidak langsung diukur dari darah penderita DM, namun dengan menggunakan cairan ekskresi berupa *urine* yang positif memiliki reduksi gula. Pengujian tingkat reduksi gula dilakukan dengan melarutkan *urine* dengan reduksi gula positif yang nantinya menghasilkan perubahan warna yang mempengaruhi intensitas cahaya yang ditangkap sensor fotodiode. Variasi tegangan yang dihasilkan sensor diubah menjadi sinyal-sinyal digital oleh ADC dan ditampilkan melalui LCD.

II. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika Universitas Andalas, Juni sampai September 2012. Tahapan kerja yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.1 Perancangan Diagram Blok Sistem Pengukuran Kadar Gula Darah Melalui *Urine*

Secara keseluruhan, diagram blok perancangan perangkat keras yang penelitian ini adalah seperti pada Gambar 1.

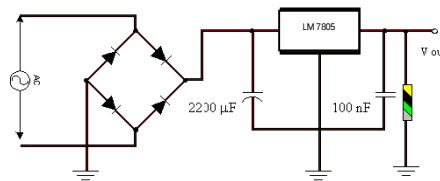


Gambar 1 Diagram blok sistem pengukuran kadar glukosa dalam darah melalui *urine*.

2.2 Perancangan Catu Daya

Dalam penelitian ini dilakukan perancangan 1 buah catu daya +5V dc untuk mencatu sistem sensor, sistem minimum mikrokontroler, dan sistem penampil (LCD).

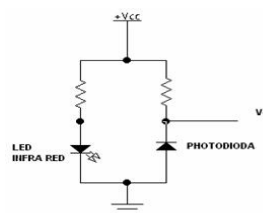
Skematik rangkaiannya ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Skematik rangkaian catu daya +5 V

2.3 Perancangan Sistem Sensor

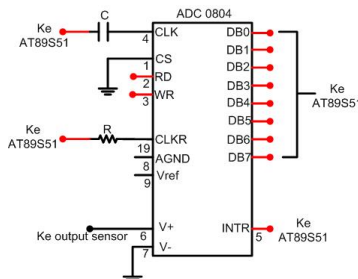
Rangkaian sistem sensor untuk mengukur kadar gula darah ini dirancang menggunakan LED *infrared* (sebagai pemancar cahaya inframerah) dan fotodioda (sebagai penerima), dengan skematik rangkaian dan tata-letak komponen seperti pada Gambar 3



Gambar 3 Skematik sitem sensor

2.4 Perancangan Sistem Pengonversi Sinyal (ADC)

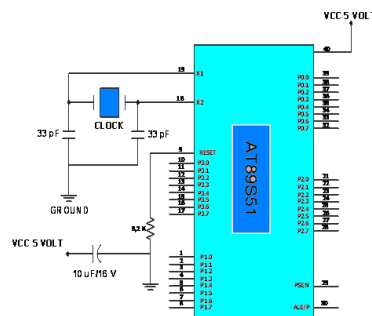
Rangkaian ADC (*analog-to-digital converter*) adalah rangkaian pengonversi atau pengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yang diberikan sensor yang berupa tegangan. Tujuan dari pengkondisian sinyal ini adalah agar data-data yang dihasilkan dari sensor yang berupa tegangan dapat diolah oleh mikrokontroler, dimana rangkaian ADC ini terdiri resistor 10 ohm dan kapasitor 150 pF yang berfungsi sebagai generator seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Sistem rangkaian ADC0804

2.5 Perancangan Sistem Minimum Mikrokontroler

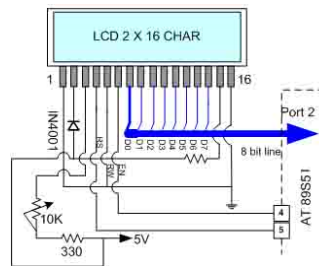
Rangkaian minimum mikrokontroler AT89S51 digunakan untuk membaca data masukan dari ADC, mengolah data tersebut, dan mengontrol LCD dalam menampilkan hasil pengukuran. Rangkaian sistem minimum mikrokontroler AT89S51 adalah seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Rangkaian sistem minimum mikrokontroler AT89S51

2.6 Perancangan Sistem Minimum Penampil LCD

Perangkat LCD M1632 memiliki jalur data sebanyak 8 bit(D0-D7) dan sinyal kontrol 3 bit yaitu E, RS, dan R/W. Hubungan LCD dengan mikrokontroler AT89S51 dilakukan melalui Port 0 (P0.0 -P0.7), sedangkan untuk mengatur kecerahan dan sudut pandang dari LCD tegangan catu daya LCD diatur dengan potensiometer. Rangkaian sistem minimum dirancang sesuai dengan Gambar 6.



Gambar 6 Rangkaian sistem minimum LCD 2x16 karakter.

LCD ini berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran yang telah diolah oleh mikrokontroler. Hasil yang ditampilkan pada LCD adalah hasil perhitungan dari kadar gula darah dari spesimen yang diukur.

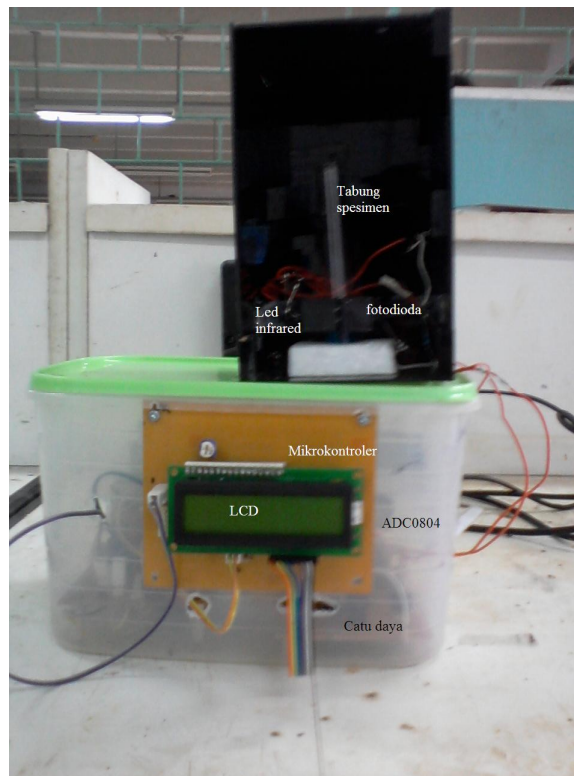
2.7 Pembuatan Spesimen

Sampel *urine* yang diambil adalah sampel *urine* penderita yang diambil 2 jam setelah pasien makan. Hal ini dilakukan karena kadar gula darah pasien akan relatif stabil 2 jam setelah makan. Sampel *urine* yang akan diambil adalah sebanyak 12 buah sampel dimana setiap tingkatan gula pereduksi diambil 3 buah sampel. *Urine* ini kemudian direaksikan dengan larutan *benedict*. Dua setengah milliliter larutan *benedict* ditetesi 2 tetes *urine* sampel. Campuran *urine* dengan larutan *benedict* ini kemudian dipanaskan dengan menggunakan lampu spritus dan setelah terjadi perubahan warna campuran maka dipasang pada sistem alat yang sudah dirancang.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Realisasi Rancang Bangun Alat Ukur

Realisasi rancang-bangun alat ukur kadar gula darah *non-invasive* ini ditunjukkan pada Gambar 7. Pengujian terhadap alat ini telah dilakukan dalam beberapa tahap, mulai dari pengujian tiap blok rangkaian hingga pengujian rangkaian secara keseluruhan (pengujian akhir).



Gambar 7 Rangkaian lengkap sistem alat ukur

3.2 Pengujian Catu Daya

Pengujian terhadap rangkaian catu daya dimaksudkan untuk mengetahui dan memastikan tegangan keluaran catu daya yang akan digunakan untuk mencatu sistem sensor, sistem minimum mikrokontroler, dan sistem penampil (LCD).

Hasil pengukuran terhadap rangkaian catu daya tersebut adalah sebagai berikut:

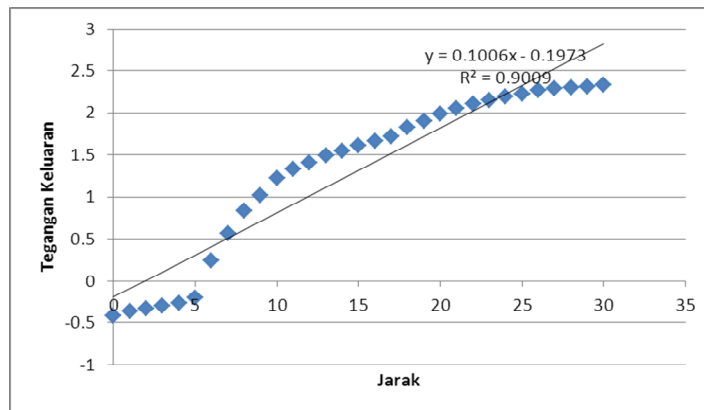
1. Tegangan sumber dari PLN : 220 V (ac)
2. Tegangan sekunder trafo : 7,5 V (ac)
3. Tegangan keluaran penyearah : 8,5 V (dc)
4. Tegangan keluaran IC 7805 : 4,92 V (dc)

Hasil tersebut telah sesuai/ memenuhi kriteria catu daya yang diperlukan untuk sistem alat ukur ini.

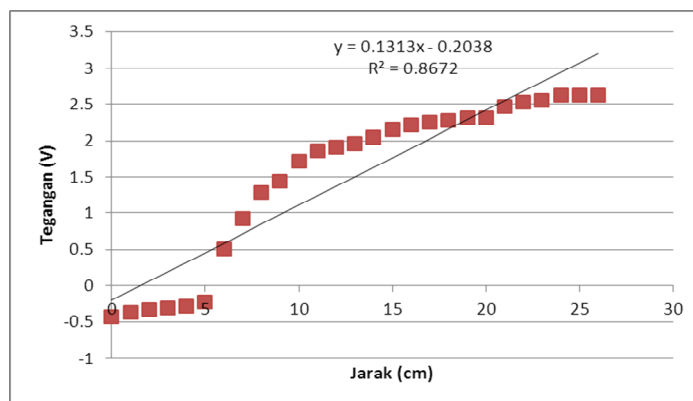
3.3 Karakterisasi Sistem Sensor

Karakterisasi sistem sensor diperlukan untuk mengetahui karakter dan perilaku dari sistem sensor yang digunakan dalam penelitian. Karakterisasi dilakukan dengan melihat pengaruh jarak antara LED dan sensor fotodioda terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan. Karakterisasi ini dilakukan dengan dua perlakuan yaitu di tempat yang relatif terang dan di tempat yang sedikit gelap.

Dari grafik hubungan antara tegangan dan jarak (Gambar 8) didapatkan fungsi *transfer* $y = 0,1006x - 0,1973$ volt, dengan tingkat sensitivitas sensor sebesar 0,095103 V/cm dan derajat korelasi liniernya sebesar $R^2 = 0,9009$ (di tempat gelap) dan pada tempat yang relatif terang dengan fungsi *transfer* $y = 0,1313x - 0,2038$ volt dan derajat korelasi yang lebih kecil dari pada di tempat gelap (sedikit *noise*) yaitu 0,8672.



Gambar 8 Pengaruh jarak dengan tegangan keluaran sistem sensor di tempat gelap

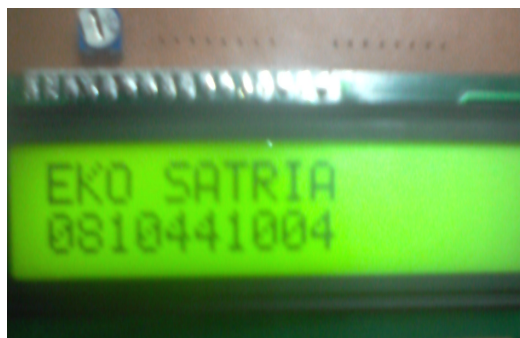


Gambar 9 Pengaruh jarak dengan tegangan keluaran sistem sensor di tempat terang

Dari grafik terlihat dengan jelas bahwa sistem sensor sangat peka dan mudah terpengaruh oleh cahaya yang berasal dari luar. Cahaya matahari juga meradiasikan cahaya inframerah sehingga apabila sistem sensor tidak dalam keadaan yang tertutup maka bisa jadi cahaya yang masuk pada fotodiode bukan dari LED *infrared* saja melainkan juga dari luar.

3.4 Pengujian LCD

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah LCD yang dipakai mampu bekerja sebagaimana mestinya atau tidak. LCD memiliki 16 pin yang terdiri dari 8 pin jalur data, 2 pin sumber tegangan dan 1 pin pengatur kontras, 3 pin kontrol dan 2 pin *ground*. Pengujian pertama dilakukan dengan memberikan tegangan pada pin sumber tegangan LCD, maka LCD akan menyala. Kemudian dengan memasukkan program ke mikrokontroler dan menjalankannya maka diperoleh tampilan LCD seperti pada Gambar 10.



Gambar 10 Pengujian LCD dengan menanamkan program penampil nama

3.5 Pengujian Sistem Alat Ukur

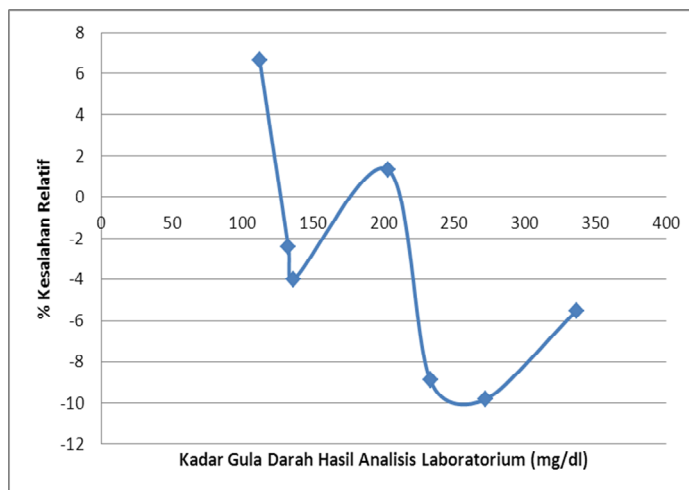
Pengujian sistem alat ukur secara keseluruhan dilakukan setelah persamaan linier hubungan antara pembacaan ADC dan kadar gula darah telah dimasukkan dalam program dan telah ditanamkan pada mikrokontroler. Pengujian sistem alat ukur ini dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan kadar gula darah oleh sistem alat ukur dengan kadar gula darah spesimen yang didapatkan dari laboratorium RS. M. Djamil.

Pengujian hasil pembacaan sistem alat ukur ini dilakukan untuk melihat seberapa akuratnya pembacaan alat ukur dibandingkan dengan hasil analisis laboratorium. Hasil pengujian pembacaan sistem alat ukur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan pembacaan kadar gula darah pada alat ukur dengan hasil analisis laboratorium

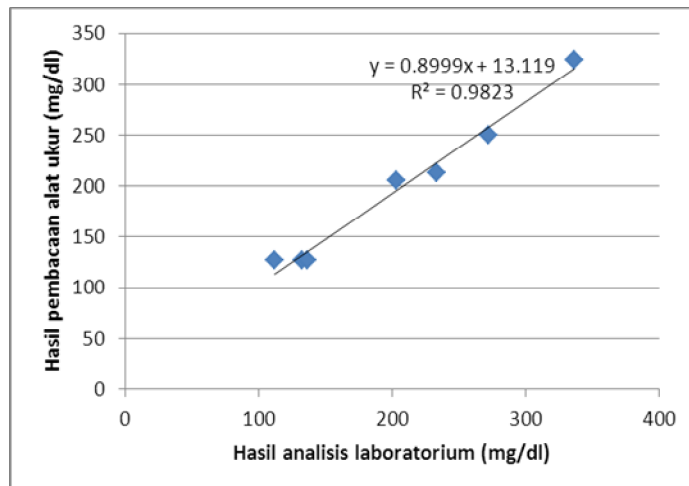
Kode Sampel	Kadar Gula Darah (Hasil Analisis Laboratorium) dalam mg/dl	Kadar Gula Darah (Alat Ukur) dalam mg/dl	% Kesalahan Relatif
E2	132.4	127	-2.40
I	336.4	324	-5.52
O1	112	127	6.68
O	136	127	-4.01
A2	233	213	-8.91
T	203	206	1.33
K1	272	250	-9.80

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa sistem alat ukur ini memiliki akurasi dan ketepatan pembacaan yang sedikit berbeda dengan kadar gula darah hasil analisis laboratorium namun masih bisa digunakan digunakan sebagai alat ukur kadar gula darah *non-invasive* dengan persen kesalahan relatif maksimum sebesar 9,8 % yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Grafik kesalahan relatif

Korelasi dan akurasi pembacaan alat ukur terhadap kadar gula darah hasil analisis laboratorium dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Korelasi kadar gula darah yang terukur pada alat dengan hasil analisis laboratorium

Pada grafik terlihat bahwa hasil pembacaan alat ukur dan hasil analisis laboratorium mempunyai korelasi yang cukup kuat dengan koefisien korelasi sebesar 9,8% sehingga dapat dikatakan alat ini cukup akurat untuk mengukur kadar gula darah secara *non-invasive*.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat ukur kadar gula darah *non-invasive* berbasis mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan sistem sensor yang terdiri dari LED dan fotodiode yang, serta LCD karakter 2x16 sebagai penampil data hasil pengukuran ini dapat digunakan untuk kadar gula darah secara *non-invasive*.
2. Spesimen yang cocok untuk alat ukur ini adalah spesimen yang dibuat dengan mereaksikan 2 tetes *urine* dengan reduksi glukosa *urine* positif dengan 3 ml larutan *benedict*.
3. Pembakaran yang ideal dilakukan selama 30 detik yaitu setelah spesimen mendidih agar reaksi reduksi tidak terjadi secara berlebihan sehingga menghasilkan spesimen yang sangat keruh sehingga hasil yang didapatkan tidak tepat.
4. Pembacaan dilakukan sesaat setelah larutan mendidih dan berubah warna karena penundaan pembacaan akan membuat reaksi reduksi berjalan lebih lama sehingga terjadi kesalahan pembacaan.
5. Kesalahan relatif maksimum pembacaan alat ukur adalah sebesar 9.8%.

DAFTAR PUSTAKA,

- John, S., 2011, The Pursuit Of Noninvasive Glucose: "Hunting The Deceitful Turkey".
- Reza, A., 2011, Uji Fehling Terhadap Gula Pereduksi, Jurnal Ilmiah Kimia
- Syailendra, R., 2009, Alat Pendeteksi Kadar Gula Dalam Tubuh Melalui Urin Secara Otomatis Berbasis Mikrocontroller, Laporan Penelitian Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- World Health Organization, Diabetes Factsheet No 132, Geneva (Switzerland): WHO; 2011