

PEMBUATAN ALAT UKUR KADAR GULA DARAH BERDASARKAN TINGKAT KEKERUHAN SPESIMEN URIN MENGGUNAKAN SENSOR WARNA TCS230 DAN PHOTODIODA DENGAN TAMPILAN LCD

Zalmirda Pratiwi¹⁾ Hufri²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Fisika,, FMIPA, Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Padang
zalmirdapратиwi@gmail.com¹⁾, hufri_unp@yahoo.co.id²⁾

ABSTRACT

Blood sugar levels are a major factor of diabetes. Diabetes is a one of a dangerous diseases caused by damage to the working system of the hormone insulin in the body's metabolism. The diagnosis of blood sugar levels is generally by pricking a finger or arm to take a sample of the patient's blood. Another method can be used without hurting the patient's body, which is using a urine sample. Discoloration of the patient's urine can be detected using the TCS230 color sensor and photodiode. The design of the tool system in this research uses the changes in the color of the urine specimen as a measurement parameter. This research aims to determine the performance and design specifications of the manufacture of blood sugar levels based on the level of urin turbidity using the TCS230 color sensor and photodiode. There are two research results. First, the result of performance specifications is a beam-shaped measuring device consisting of an object box measuring 8,5x6x8 cm³ and an electronic component box measuring 20x10x10 cm³. Second, the result of design specifications are the precision of the tool at 95,95% with a percentage of errors of 4,44% and accuracy of 99,25%.

Keywords : Blood Sugar Level, Urine, The TCS230 Color Sensor, Photodiode



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited . ©2018 by author and Universitas Negeri Padang.

PENDAHULUAN

Diabetes adalah suatu penyakit yang ditandai dengan naiknya kadar glukosa dalam darah akibat rusaknya sistem kerja hormon insulin. Hormon insulin berfungsi merangsang sintesis enzim-enzim lemak dalam hati, penghambat terbentuknya enzim-enzim glukonegenik dan dapat mengendalikan proses metabolisme karbohidrat di dalam tubuh^[1]. Suatu kondisi kadar glukosa darah melebihi batas normal dalam istilah medis disebut hiperglikemia. Hiperglikemia terjadi ketika tubuh kekurangan hormon insulin dalam jumlah tertentu mengakibatkan kadar glukosa dalam darah terlalu tinggi yang sehingga glukosa darah yang diasup tidak dapat dimanfaatkan secara efektif^[2].

Data National Diabetes Statistics Report tahun 2017 menyebutkan bahwa penderita diabetes di seluruh dunia berkisar 30,3 milyar jiwa dengan rincian 23,1 milyar jiwa sudah terdiagnosa dan 7,2 milyar lainnya belum terdiagnosa. Sedangkan data WHO mencatat jumlah penderita diabetes mellitus di Indonesia sekitar 382 juta jiwa penduduk sehingga Indonesia menempati peringkat ke-7 dari jumlah penderita diabetes di seluruh dunia. Data-data tersebut menunjukkan bahwa tingkat penderita diabetes sangat tinggi.

Kadar glukosa dalam darah merupakan faktor utama yang menyebabkan penyakit diabetes. Ada dua jenis teknik pengukuran kadar glukosa yaitu teknik *invasive* dan teknik *non invasive*. Teknik *invasive* merupakan teknik pengukuran kadar gula darah yang

mengambil langsung sampel berupa darah pasien dengan melukai tubuh pasien seperti di jari atau lengan, sedangkan teknik *non invasive* merupakan teknik pengukuran gula darah menggunakan alat tertentu yang diletakkan di organ tubuh pasien tanpa melukai pasien misalnya di daun telinga^[3]. Pengukuran gula darah yang digunakan saat ini pada umumnya menggunakan teknik *invasive*. Banyak terjadi kasus infeksi akibat penusukkan jari atau lengan saat pengujian dengan teknik ini karena tubuh yang tidak bisa memproduksi hormon insulin lagi. Kekurangan energi pada bagian luka atau sel yang rusak akan menyebabkan penyembuhan yang lama dan infeksi sehingga teknik ini tidaklah efektif.

Metode lain yang dapat dilakukan mengatasi kekurangan tersebut adalah dengan menggunakan metode diagnosis *non invasive* (pendiagnosaan penyakit tanpa melukai tubuh pasien). Cairan tubuh seperti air liur dan urin potensial digunakan sebagai sampel pengukuran gula darah. Kandungan glukosa dalam urin memiliki korelasi yang lebih tinggi dengan gula darah yaitu 0,99 sedangkan air liur memiliki korelasi berkisar 0,57-0,87^[4]. Pengujian menggunakan sampel urin dilakukan di laboratorium rumah sakit dengan waktu pengujian sekitar dua jam dan hanya dilakukan oleh tenaga ahli medis.

Suatu alternatif solusi dari permasalahan tersebut adalah mengembangkan suatu alat ukur yang dapat mengukur kadar gula darah dengan sampel urin yang fleksibel dari segi waktu dan biaya serta dapat dilakukan oleh masyarakat luas. Uji urin (normal dan diabetes) dapat dilakukan dengan menambahkan

cairan Benedict. Sampel urin yang telah dicampur Benedict ini dipanaskan sampai terbentuk warna, yang dikenal dengan sebutan spesimen urin, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Warna Spesimen Urin

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa warna spesimen urin terdiri dari beberapa tingkatan. Tingkatan dari spesimen urin ini adalah sebagai berikut.

1. Negatif : berwarna biru atau sedikit kehijauan dan agak keruh.
2. Positif 1 : berwarna hijau kekuningan dan keruh (0,5-1% glukosa).
3. Positif 2 : berwarna kuning kehijauan atau kuning keruh (1-1,5% glukosa).
4. Positif 3 : berwarna jingga atau warna lumpur keruh (2-3,5% glukosa).
5. Positif 4 : berwarna merah atau merah bata (>3,5% glukosa)^[5].

Penambahan cairan Benedict merupakan analisis kualitatif yang memperhatikan perubahan warna yang terjadi dan endapan yang terbentuk. Perubahan warna urin dapat dideteksi dengan sensor. Sensor yang bisa digunakan yaitu sensor warna tipe TCS230 dan photodiode.

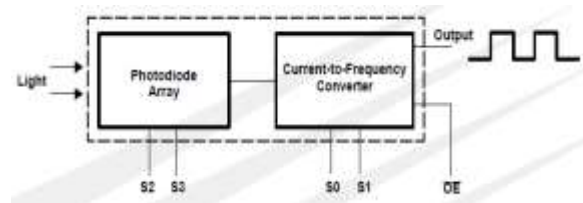
Sensor adalah perangkat yang mengubah stimulus menjadi suatu sinyal listrik^[7]. Sensor warna TCS230 adalah suatu sensor warna untuk mendeteksi suatu objek berdasarkan perubahan warna. Sensor ini terdiri dari kelompok rangkaian photodiode yang tersusun *array* matriks 8x8 dengan 4 kelompok pembaca warna, 4 pin kontrol (S0, S1, S2, S3), pin sumber tegangan dan satu pin keluaran^[8]. Bentuk fisik dan skema pin dari sensor warna TCS230 diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk dan Skema pin TCS230

Gambar 2 memperlihatkan bahwa sensor warna TCS230 memiliki 4 kelompok diode pembaca warna dan 8 buah pin yang terdiri dari S0 dan S1 sebagai pin pemilih frekuensi, OE sebagai input frekuensi, GND sebagai *ground*, VDD sebagai pin sumber tegangan, S2 dan S3 sebagai pin pemilih 4 kelompok diode serta OUT sebagai pin output sensor. Kelompok photodiode pada sensor memiliki sensitivitas yang berbeda tergantung panjang gelombang cahaya yang dibaca. Semakin besar panjang gelombang yang dibaca, semakin rendah

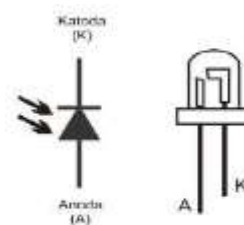
sensitivitasnya^[8]. Prinsip kerja dari sensor warna TCS230 ditunjukkan oleh blok diagram pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Blok Diagram Sensor Warna TCS230

Pada Gambar 3 diketahui bahwa pada photodiode pada sensor warna TCS230 terhubung secara paralel. Terdapat 16 photodiode yang bekerja pada sensor ini. 2 pin kontrol S2 dan S3 dapat memilih photodiode mana yang akan terbaca. Sebagai contoh, jika mendeteksi warna merah, 16 *red difference photodiodes* akan mengatur kedua pin ke logika rendah^[6]. 2 pin kontrol S0 dan S1 akan mengukur besar frekuensi keluaran. Terdapat 3 jenis pengaturan skala untuk pin ini yaitu 2%, 20% dan 100%. Pengaturan ini berfungsi untuk mengoptimalkan keluaran sensor^[9].

Photodiode adalah sebuah dioda yang bekerja berdasarkan tingkat intensitas cahaya^[5]. Photodiode bekerja berdasarkan prinsip sensor optik semikonduktif dimana pada saat persambungan p-n dalam kondisi bias maju diberi cahaya, peningkatan arus sangat kecil atau arus bias lebih besar daripada arus yang dibangkitkan cahaya. Sebaliknya, saat persambungan p-n diberi bias mundur, akan terlihat besar peningkatan arusnya^[7]. Bentuk fisik dari photodiode diperlihatkan oleh Gambar 4.

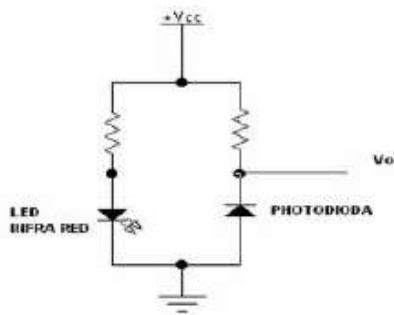


Gambar 4. Simbol dan Bentuk Fisik Fotodiode

Gambar 4 menunjukkan bahwa photodiode terdiri dari anoda dan katoda, dimana prinsip kerjanya menggunakan prinsip bias pada persambungan p-n. Karakteristik dari photodiode diperlihatkan oleh persamaan berikut:

$$i = i_0 \left(e^{\frac{eV}{k_b T}} - 1 \right) - i_s \quad (1)$$

Dimana i adalah arus keluaran, i_0 adalah arus balik, e adalah muatan elektron, V adalah tegangan, k_b adalah konstanta Boltzman, T adalah suhu mutlak dan i_s adalah arus yang deteksi daya optik^[7]. Sedangkan untuk menghitung besar tegangan keluaran sensor menggunakan prinsip pembagi tegangan seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Dasar Photodioda

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa sensor photodioda terdiri dari *led infrared*, photodioda dan 2 buah resistor. *Led infrared* merupakan sebuah dioda yang memancarkan cahaya dengan arus cerah sebesar 220 mA^[10]. Rangkaian ini merupakan rangkaian pembagi tegangan, sehingga untuk mengetahui besar tegangan keluaran sensor digunakan persamaan berikut.

$$V_{out} = \frac{R_{photodiode}}{R_{photodiode} + R_{resistor}} \times V_{cc} \quad (2)$$

Arduino uno adalah papan mikrokontroler ATmega328 yang memiliki 14 pin digital input/output (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, *clock speed* 16 MHz, koneksi USB, *jack listrik*, *header ICSP*, dan tombol *reset*. *Board* ini menggunakan daya yang terhubung ke komputer dengan kabel USB dengan tegangan operasi sebesar 5V^[11]. Arduino memiliki kelebihan diantaranya telah dilengkapi *bootloader* sehingga tidak memerlukan *chip programmer*, pemrogramannya relatif mudah karena memiliki banyak *library* yang mudah diakses serta modul yang siap pakai^[12].

LCD atau *Liquid Crystal Display* adalah komponen berupa kristal cair pada layar yang menampilkan tulisan atau teks. Salah satu jenisnya adalah yang memiliki dua baris dengan setiap barisnya terdiri dari enam belas karakter. Ada dua tipe utama dari tampilan LCD yaitu numerik dan teks alphanumerik^[13]. Dalam penelitian ini digunakan LCD jenis LCD 20x4.

Penelitian sebelumnya mengenai alat ukur kadar gula darah telah ada dilakukan oleh peneliti lainnya. Eko Satria (2013) telah melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Alat Ukur Gula Darah *Non-Invasive* Berbasis Mikrokontroler AT89S51 dengan Mengukur Tingkat Kekeruhan Spesimen Urin Menggunakan Sensor Photodioda”. Hasil yang didapat bahwa intensitas dari sensor photodioda mengalami penurunan yang menyebabkan kenaikan pada tegangan keluaran yang dihasilkan^[14]. Alat ini memiliki persentase kesalahan sebesar 9,8% karena kesensitivitas sensor yang rendah dan *prototype* alat ukur yang bening menyebabkan masuknya cahaya dari luar bisa mempengaruhi pembacaan sensor.

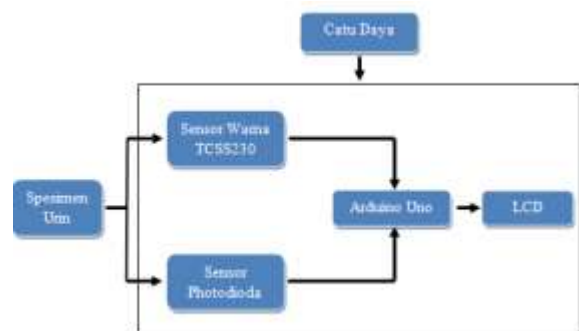
Gunawan Putra (2015) juga melakukan penelitian yang sama dengan judul “Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Gula Darah *Non-Invasive* Berbasis Mikrokontroler ATmega328P dengan Mengukur Tingkat Kekeruhan Spesimen Urin Menggunakan Paket Sensor Photodiode dan *Light Emitting Diode*”. Hasil yang didapat yaitu frekuensi warna dari spesimen urin dapat diketahui. Nilai keluaran sensor dikonversi ke dalam format RGB. Prinsip kerjanya hampir sama dengan penelitian sebelumnya, hanya parameter keluarannya saja yang berbeda, yaitu frekuensi. Kesalahan dalam pengkonversian menyebabkan keakuratan alat masih sangat rendah sehingga alat banyak mengalami kesalahan dalam pembacaan.

Dari kekurangan dan keterbatasan yang telah diuraikan diatas, peneliti tertarik untuk membuat suatu alat ukur gula darah berdasarkan kekeruhan spesimen urin menggunakan sensor warna TCS230 dan photodiode tampilan LCD. Tujuan penelitian ini adalah menentukan spesifikasi performansi dan desain dari alat ukur yang dirancang. Hasil dari pengukuran ini akan dibandingkan dengan hasil yang dibaca pada alat ukur di rumah sakit untuk mendapatkan nilai ketepatan dan ketelitiannya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk ke dalam golongan penelitian rekayasa. Kegiatan perancangan pada penelitian rekayasa ini melibatkan hal-hal yang relatif baru. Penelitian ini memiliki prosedur meliputi ide-ide dan kejelasan tugas, konseptual rancangan, susunan geometri kefungsiannya, rancangan detail, pembuatan *tool* pemodelan, dan pengujian.

Hal terpenting dari suatu penelitian adalah merancang suatu blok diagram. Blok diagram berisi perancangan elektronik yang membantu kinerja dan hasil dari suatu pembuatan suatu alat. Blok diagram dari pembuatan alat ukur kadar gula darah ini dapat diperhatikan pada Gambar 6.

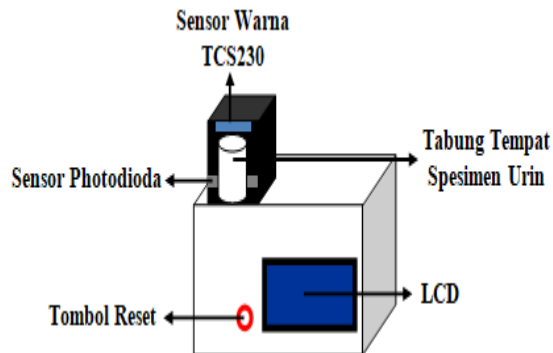


Gambar 6. Diagram Blok Alat Ukur

Berdasarkan blok diagram pada Gambar 6 dapat diketahui bahwa spesimen urin dideteksi oleh dua sensor yaitu sensor warna dan photodiode. Hasil pendeteksian ditampilkan pada *display* LCD. Kedua sensor dan LCD akan dihubungkan dan diprogram

oleh Arduino Uno. Sedangkan catu daya sebagai sumber tegangan dari semua komponen.

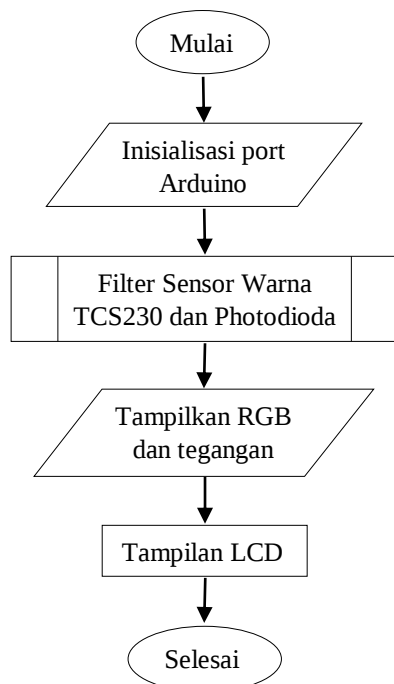
Perancangan detail dari penelitian ini terdiri dari rancangan *hardware* dan rancangan *software*. Perancangan *hardware* ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Rancangan *Hardware*

Gambar 7 menunjukkan bahwa rancangan *hardware* dari alat ukur kadar gula darah terdiri dari dua buah *box*, yaitu *box* objek sebagai tempat pendeteksian sampel urin dan *box* komponen sebagai tempat meletakkan komponen elektronika. Pada *box* objek diletakkan dua buah sensor sedangkan LCD diletakkan pada *box* komponen elektronika. LCD akan menampilkan besar frekuensi dan tegangan dari sampel spesimen urin yang diukur serta status diabetes urin tersebut.

Perancangan *software* berfungsi untuk menjelaskan jalannya mikrokontroler dari alat. Gambar 8 merupakan diagram alir dari perancangan *software* alat ukur.



Gambar 8. Rancangan *Software*

Berdasarkan pada Gambar 8 rancangan *software* diawali dengan menginisialisasi port

arduino yang digunakan. Port ini disesuaikan dengan port arduino yang digunakan. Kemudian sensor warna akan memfilter besar frekuensi warna spesimen urin yang dihasilkan, sedangkan photodiode akan memfilter tegangan keluaran pada saat objek diletakkan diantara sensor photodiode. Output yang dihasilkan akan ditampilkan di *display* LCD.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu membuat sebuah alat ukur kadar gula darah berdasarkan tingkat kekeruhan spesimen urin menggunakan sensor warna TCS230 dan photodiode. Hasil penelitian terdiri dari spesifikasi performansi dan spesifikasi desain alat ukur.

a. Spesifikasi Performansi Alat Ukur Kadar Gula Darah

Spesifikasi performansi dari alat ukur kadar gula darah berdasarkan tingkat kekeruhan urin ini menjelaskan mengenai komponen-komponen pembentuk sistem alat ukur. Bentuk desain mekanik dari alat ukur kadar gula darah berdasarkan tingkat kekeruhan spesimen urin ditunjukkan oleh Gambar 9.



Gambar 9. Desain Mekanik Alat Ukur

Berdasarkan Gambar 9 alat ukur ini terdiri dari dua buah *box*. *Box* objek berukuran 8,5x6x8 cm³ sebagai tempat meletakkan objek dan *box* komponen berukuran 20x10x10 cm³ untuk tempat meletakkan komponen elektronika pembangun sistem. Di dalam *box* objek dipasang sensor warna TCS230 dan photodiode. Bentuk *box* objek dari alat ukur ini seperti terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. *Box* Objek

Dari Gambar10 terlihat bahwa sensor warna TCS230 mendeteksi objek pada bagian atas, sedangkan sensor photodiode terletak bagian

samping. Objek diletakkan di tengah-tengah antara sensor photodiode dan led *infrared*.

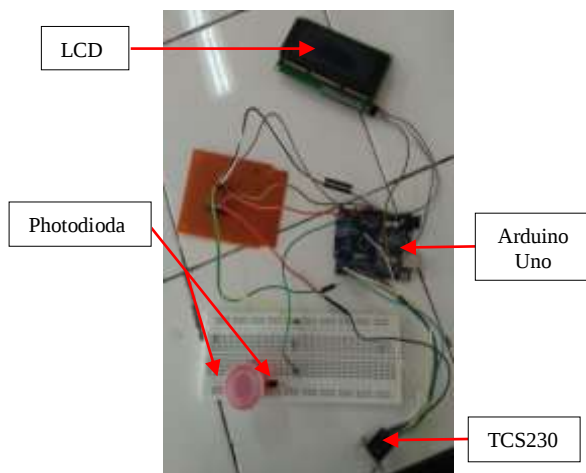
Pada bagian *box* komponen elektronika terdapat tombol *reset* dan LCD. Tombol *reset* berfungsi untuk menyetel ulang tampilan LCD kembali ke kondisi awal. Bentuk tampilan LCD dari alat ukur kadar gula darah diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan LCD

Berdasarkan Gambar 11 terlihat bahwa LCD yang digunakan adalah LCD 20x4. Baris pertama menampilkan nilai RGB sensor, baris kedua menampilkan besar tegangan keluaran sensor, baris ketiga adalah kadar gula darah dalam satuan mg/dl, dan baris keempat menampilkan status diabetes dari pasien.

Rangkaian elektronika dari pembuatan alat ukur kadar gula darah berdasarkan tingkat kekeruhan urin ini dapat dilihat pada pada Gambar 12.



Gambar 12. Rangkaian Elektronika

Dari Gambar 12 terlihat bahwa semua prinsip kerja komponen elektronika diprogram arduino uno. Komponen elektronika tersebut meliputi rangkaian sensor warna TCS230, rangkaian photodiode dan rangkaian LCD. Antara satu rangkaian dengan rangkaian lainnya dihubungkan dengan kabel *jumper*. Agar dapat bekerja sesuai dengan prinsipnya, sensor warna TCS230 dan photodiode harus dikarakterisasi terlebih dahulu.

Karakterisasi dari sensor warna TCS230 dilakukan dengan mengkalibrasi *range* RGB keluaran dari sensor. Hasil karakterisasi tersebut ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Karakterisasi Sensor Warna TCS230

No.	Objek	Hasil Pembacaan Sensor			Hasil Konversi
		R	G	B	
1.		200	51	58	
2.		85	147	64	
3.		93	94	165	

Hasil karakterisasi pada Tabel 1 menunjukkan bahwa sensor menghasilkan warna konversi tidak jauh berbeda dengan warna objek sebenarnya. Warna merah menghasilkan RGB berturut-turut sebesar 200, 51, 58. Warna hijau memiliki RGB sebesar 85, 147, 64. Dan warna biru dengan RGB sebesar 93, 95, 165. Penyimpangan perbedaan warna yang dihasilkan tidak terlalu jauh dan masih di dalam *range* warna aslinya. Penyimpangan terjadi karena sensor memiliki sensitivitas terhadap temperatur, sehingga terjadi kesalahan pembacaan jika sensor terlalu lama digunakan.

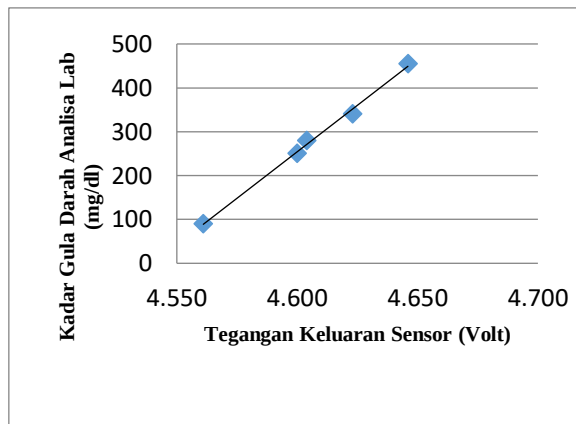
Karakterisasi sensor photodiode dilakukan dengan melihat besar tegangan keluaran yang dihasilkan ketika cahaya dari sensor dihalangi dengan sebuah objek. Objek yang digunakan adalah spesimen urin dengan tingkatan positif yang berbeda. Hasil karakterisasi sensor photodiode ini ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Data Karakterisasi Sensor Photodiode

No.	Tingkat Positif Urin	Kadar Gula Darah Analisa Lab (mg/dl)	Tegangan Keluaran Sensor (Volt)
1.	Normal	90	4,561
2.	Positif 1	250	4,600
3.	Positif 3	280	4,604
4.	Positif 3	340	4,623
5.	Positif 4	455	4,646

Dari data pada Tabel 2 terlihat jika semakin tinggi tingkat kadar gula darah pasien diabetes maka semakin tinggi pula tegangan keluaran sensor yang dihasilkan. Urin normal memiliki tegangan keluar sebesar 4,561 Volt, positif 1 sebesar 4,6 Volt, positif

3 sebesar 4,604 Volt dan 4,623 Volt, dan urin positif 4 sebesar 4,646. Hubungan dari kondisi ini dapat dibuktikan dengan grafik pada Gambar 13.



Gambar 13. Hubungan Tegangan Keluaran Sensor Terhadap Kadar Gula Darah Analisa Lab

Berdasarkan grafik pada Gambar 13 didapat sebuah persamaan regresi linier yaitu $y=4236,6x-19234$. Besar kemiringan grafik yang didapat sebesar 4236,6. Persamaan ini digunakan sebagai rumus referensi yang ditanamkan ke dalam program arduino alat ukur dengan x adalah tegangan keluaran sensor. Hasil dari persamaan ini berupa kadar gula darah dari spesimen urin yang dideteksi menggunakan alat ukur. setelah dilakukan perhitungan kembali dengan menggunakan persamaan regresi linier ini, didapat persentase kesalahan sebesar 2,11 %. Dikarenakan persentase kesalahan yang didapat kecil, maka persamaan dapat digunakan sebagai persamaan referensi.

b. Spesifikasi Desain Alat Ukur Kadar Gula Darah

Spesifikasi desain menjelaskan karakteristik statik suatu produk yang meliputi akurasi, presisi, resolusi, maupun sensitivitas. Spesifikasi desain dari alat ukur kadar gula darah berdasarkan tingkat kekeruhan spesimen urin ini meliputi ketepatan dan ketelitian.

Ketepatan alat ukur dilakukan dengan membandingkan besar kadar gula darah alat ukur dengan besar kadar gula darah dari alat ukur di rumah sakit. Alat ukur yang digunakan yaitu *Verify U120*. Hasil pengukuran ketepatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Ketepatan Alat Ukur

No.	Objek	ROB	Warna Konversi	Kadar Gula Darah Hasil Analisa Lab (mg/dl)	Kadar Gula Darah Hasil Analisa Alat Ukur (mg/dl)	Persentase Ketepatan (%)	KR (%)
1	Normal	R=10 G=118 B=210		100,5	95,89	95,82	4,58
2	Positif 1	R=102 G=112 B=90		145	133,03	91,74	8,23
3	Positif 3	R=137 G=144 B=60		205	211,99	96,59	3,41
4	Positif 5	R=103 G=63 B=42		250	254,56	98,23	1,74
5	Positif 4	R=178 G=80 B=87		442,5	423,82	95,78	4,22
Rata-Rata						95,91	4,44

Pada Tabel 3 didapat hasil persentase ketepatan rata-rata alat sebesar 95,95% dengan kesalahan relatif rata-rata sebesar 4,44%. Warna hasil keluaran sensor memiliki kekontrasan yang hampir sama dengan warna spesimen sebenarnya. Hanya spesimen urin positif 4 yang sedikit berbeda. Hal ini dikarenakan spesimen terlalu pekat dan sensor rentan terhadap suhu sehingga terjadi *error* dalam pembacaan.

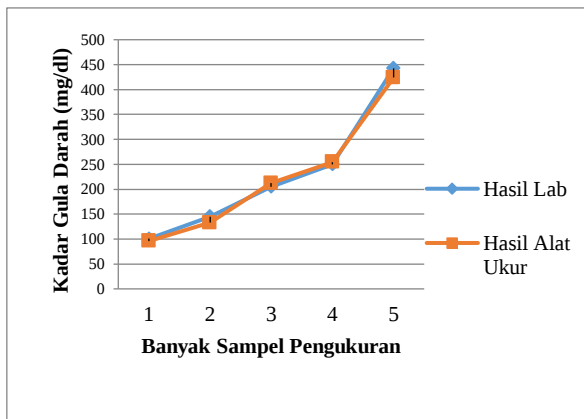
Ketelitian alat ukur dilakukan dengan melakukan pengukuran sebanyak 10 kali untuk masing-masing tingkat positif spesimen urin. Kemudian di rata-ratakan untuk dicari besar persentase ketelitiannya. Hasil pengukuran ketelitian alat ukur kadar gula darah ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. Data Ketelitian Alat Ukur

No	Sampel	Pengukuran ke-										Persentase Ketelitian (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Normal	91,89	91,89	94,91	97,02	99,96	96,82	98,11	98,27	99,89	98,01	98,03
2	Positif 1	135,00	133,18	134,01	133,86	135,41	132,20	131,81	134,58	134,20	131,88	99,58
3	Positif 3	211,88	218,89	218,89	211,13	208,97	208,22	209,87	209,88	209,38	209,88	99,61
4	Positif 4	423,82	422,91	423,79	422,90	421,28	424,21	425,68	425,81	421,89	421,73	99,58
Rata-Rata												99,25

Pada Tabel 4 terlihat jika sampel yang digunakan yaitu urin normal, positif 1, positif 3, dan positif 4 memiliki ketelitian cukup besar. Urin normal dengan kadar gula darah rata-rata sebesar 97,18 mg/dl memiliki ketelitian sebesar 98,63%. urin positif 1 memiliki kadar gula darah rata-rata sebesar 134,52 mg/dl memiliki ketelitian sebesar 99,38%. Urin positif 3 dengan kadar gula darah rata-rata sebesar 210,38 mg/dl memiliki ketelitian sebesar 99,61%. Urin positif 4 dengan kadar gula darah rata-rata sebesar 425,52 mg/dl memiliki ketelitian sebesar 99,38%. Berdasarkan data ini, dapat dikatakan bahwa alat ukur memiliki ketelitian cukup baik.

Berdasarkan data ketepatan dan ketelitian Tabel 3 dan Tabel 4 dapat dilihat bahwa alat ukur kadar gula darah berdasarkan kekeruhan spesimen urin yang dirancang memiliki perbedaan pembacaan yang sedikit berbeda. Hal ini dapat dibuktikan dengan membuat grafik perbandingan antara kadar gula darah yang terbaca pada alat ukur dengan kadar gula darah hasil analisa lab. Perbandingan keduanya ditunjukkan oleh Gambar 14.



Gambar 14. Perbandingan Pembacaan Kadar Gula darah Hasil Alat Ukur dengan Hasil Analisa Lab

Berdasarkan grafik perbandingan pada Gambar 14 diketahui bahwa selisih pembacaan antara kadar gula darah analisa laboratorium dengan pembacaan alat ukur yang dirancang cukup mendekati. Pada urin normal, kadar gula darah yang terbaca sebesar 95,89 mg/dl sedangkan pada alat ukur laboratorium sebesar 100,5 mg/dl. Pada urin positif 1, besar kadar gula darah yang terbaca sebesar 133,03 mg/dl sedangkan hasil lab sebesar 145 mg/dl. Pada urin positif 3, ada dua sampel yang diukur. Yang pertama sebesar 205 mg/dl dengan pembacaan alat ukur membaca sebesar 211,99 mg/dl. Yang kedua sebesar 250 mg/dl dengan dengan pembacaan alat ukur sebesar 254,36 mg/dl. Pada urin positif 4, besar kadar gula darah yang terbaca alat ukur sebesar 423,82 mg/dl sedangkan hasil alat ukur laboratorium sebesar 442,5 mg/dl.

2. Pembahasan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapat dua hasil penelitian yaitu spesifikasi performansi dan spesifikasi desain dari pembuatan alat ukur kadar gula darah berdasarkan tingkat kekeruhan urin menggunakan sensor warna TCS230 dan photodiode. Spesifikasi performansi menjelaskan secara rinci mengenai komponen-komponen yang membangun sebuah alat ukur dan fungsi dari komponen tersebut. Spesifikasi desain meliputi kesalahan, ketepatan dan ketelitian dari suatu alat ukur.

Hasil pertama yaitu spesifikasi performansi. Alat ukur kadar gula darah dirancang berbentuk balok terbuat dari *acrylic*. Alat ini terdiri dari dua *box*, yaitu *box* objek dan *box* komponen elektronika.

Box objek berukuran 8,5x6x8 cm³ sedangkan *box* komponen berukuran 20x10x10 cm³. Pada bagian *box* objek diletakkan sensor warna TCS230 pada bagian atas, sedangkan sensor photodiode diletakkan pada bagian samping.

Sensor warna TCS230 memiliki keluaran berupa frekuensi gelombang yang ditampilkan dalam format RGB. Terdapat 4 buah pin yang bekerja pada sensor TCS230 dalam mendeteksi warna objek. Pin S0 dan S1 memiliki fungsi sebagai pembangkit tegangan maksimum untuk mengatur besar kecilnya output frekuensi. Pin S2 dan pin S3 sebagai saklar pemilih dari 4 kelompok dioda. Pada perancangan alat ukur ini digunakan *scaling* skala frekuensi sebesar 20%. Pengaturan ini berfungsi member batasan baru dalam *remapping* sehingga didapatkan data output yang lebih tepat. Kalibrasi yang dilakukan dengan cara memberikan objek berwarna merah, hijau dan biru untuk dideteksi oleh sensor. Kemudian dari RGB yang terbaca dibuat *remapping* atau mempersempit *range* pembacaan. Berdasarkan data yang didapat, warna hasil pembacaan sensor memiliki kontras warna hampir sama dengan warna sebenarnya, hanya sedikit memiliki perbedaan. Perbedaan pengkonversian yang terjadi karena sensor memiliki sensitivitas terhadap suhu, sehingga jika sensor terlalu lama digunakan akan mempengaruhi pembacaan sensor.

Sensor photodiode yang digunakan merupakan gabungan prinsip kerja photodiode sebagai *transmitter* dan led *infrared* sebagai *receiver*. Keluaran sensor berupa tegangan. Berdasarkan hasil yang didapat, tegangan keluaran sensor yang didapat memiliki hubungan berbanding lurus terhadap kekeruhan urin. Semakin keruh spesimen urin yang dideteksi, semakin tinggi tegangan keluaran dari sensor. Semakin tinggi besar kadar gula darah, semakin tinggi pula tegangan keluaran yang dihasilkan sensor. Hal ini karena cahaya yang dipancarkan sensor photodiode ke *infrared* terhalang oleh objek sehingga mengalami penurunan intensitas.

Hasil kedua yaitu spesifikasi desain. Sampel yang diuji yaitu spesimen urin yang tersedia di Rumah Sakit yaitu sampel spesimen urin normal, positif 1, positif 3 dan positif 4. Ketepatan alat ukur kadar gula darah berdasarkan kekeruhan spesimen urin yang didapat yaitu 95,62%; 91,74%; 96,59%; 98,23% dan 95,78% dengan persentase kesalahannya 4,58%; 8,23%; 3,41%; 1,74% dan 4,22%. Jika dirata-ratakan didapat ketepatan sebesar 95,95% dan kesalahan 4,44%. Ketelitian alat ukur yang didapat sebesar 98,63%; 99,38%; 99,61 dan 99,38% dengan rata-rata sebesar 99,25%.

Berdasarkan perbandingan dengan alat ukur laboratorium, alat ukur kadar gula darah yang dirancang memiliki selisih tidak terlalu jauh. Sehingga dapat dikatakan bahwa alat ukur kadar gula darah cukup akurat dan baik untuk mengukur

kadar gula darah pasien diabetes berdasarkan tingkat kekeruhan urin yang dirancang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan terhadap pembuatan alat ukur kadar gula darah berdasarkan tingkat kekeruhan urin menggunakan sensor warna TCS230 dan photodioda didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Spesifikasi performansi berupa alat ukur kadar gula darah berdasarkan tingkat kekeruhan spesimen urin dengan dua buah *box* berbentuk balok dari *acrylic* yaitu *box* objek berukuran 8,5x6x8 cm³ dan *box* komponen berukuran 20x10x10 cm³ dengan tabung spesimen berdiameter 3 cm dan tinggi 4 cm, sensor TCS230 dan photodioda sebagai sensor pendeteksi dan LCD 20x4 sebagai penampil *display*.
2. Spesifikasi desain dari alat ukur kadar gula darah berdasarkan tingkat kekeruhan spesimen urin yang didapat yaitu persentase ketepatan rata-rata sebesar 95,95% dengan kesalahan sebesar 4,44% dan persentase ketelitian sebesar 99,25%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Poedjiaji, Anna. 2007. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: UI.
- [2] Dalimartha. 2005. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia*. Jakarta: Pustaka Suara.
- [3] Budianto, Rahmat dan Waluyanti, Sri. 2018. Prototype Urine Analyzer Telemetry Menggunakan Sensor Warna untuk Mendeteksi Penyakit Diabetes pada Seseorang. *Proyek Akhir*. Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika Universitas Negeri Yogyakarta.
- [4] Fildayanti, Nola dan Muldarisnur. 2018. Rancang Bangun Alat Ukur Gula Darah pada Urin dengan Metode Evanescent. *POSITRON*. Vol. 8 No. 2: 1-6.
- [5] Putra, Gunawan dkk. 2015. Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Gula Darah Non-Invasive Berbasis Mikrokontroler ATmega 328P dengan Mengukur Tingkat Kekeruhan Spesimen Urin Menggunakan Paket Sensor Photodioda dan Light Emitting Diode. *Jurnal Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram*.
- [6] Texas Advanced Optoelectronic Solutions. 2003. *TCS230 Programmable Color Light-To-Frequency Converter*. Texas: The Lumenology Company.
- [7] Yulkifli. 2013. *Sistem Sensor dan Aplikasinya*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [8] Adiputra, Dodi S dkk. 2015. Mesin Penjual Softdrink Otomatis Berbasis ATmega8535. *Jurnal Elementer*. Vol. 1(2): 29-37 November 2015.
- [9] Putra, Palensyah Pratama dkk. 2014. Aplikasi Sensor Warna TCS230 pada Sistem Kendali Robot Line Follower. *Laporan Akhir*. Politeknik Negeri Surabaya.
- [10] Fitri, Maisa., Hufri, dan Yohandri. 2014. Pembuatan Sistem Penentuan Koefisien Gesek Statis Benda pada Bidang Miring secara Digital Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Sainstek*. Vol. VI No. 2: 135-147. ISSN: 2085-8019.
- [11] Syahwil, Muhammad. 2013. *Panduan Mudah Simulasi & Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta: ANDI.
- [12] Dasriyani, Yohanna., Hufri, Yohandri. 2014. Pembuatan Set Eksperimen Gerak Jatuh Bebas Berbasis Mikrokontroler dengan Tampilan PC. *Jurnal Sainstek*. Vol. VI No. 1:84-95. ISSN: 2085-8019.
- [13] Kadir, Abdul. 2013. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemogramannya Menggunakan Arduino*. Yogyakarta: ANDI.
- [14] Satria, Eko dan Wildian. 2013. Rancang Bangun Alat Ukur Gula Darah Non-Invasive Berbasis Mikrokontroler AT89S51 dengan Mengukur Tingkat Kekeruhan Spesimen Urin Menggunakan Sensor Photodioda. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 2 No.1, Januari 2013.