

PROTOTYPE URINE ANALYZER TELEMETRY MENGGUNAKAN SENSOR WARNA UNTUK MENDETEKSI PENYAKIT DIABETES PADA SESEORANG

PROTOTYPE URINE ANALYZER TELEMETRY USING COLOR SENSOR TO DETECT DIABETES DISEASE IN SOMEONE

Oleh: Rahmat Budianto, Universitas Negeri Yogyakarta, Email: rahmatbudianto62@gmail.com

ABSTRAK

Kurangnya kesadaran masyarakat untuk melakukan pemeriksaan kesehatan secara rutin setiap bulannya menyebabkan meningkatnya jumlah angka kematian setiap tahunnya. Padahal, pemeriksaan kesehatan perlu dilakukan mengingat saat ini banyak penyakit yang tidak selalu menimbulkan gejala awal. Sehingga hal ini mendorong masyarakat untuk terus merubah *mindset* dan giat melakukan pemeriksaan kesehatan secara rutin. Tujuan pembuatan alat ini yaitu untuk merancang dan mengetahui unjuk kerja dari rancangan yang telah dibuat. Proses pembuatan alat terdiri dari beberapa tahapan yang memiliki fungsi masing-masing. Selain itu, pemilihan komponen yang digunakan juga telah disesuaikan dengan rancangan kebutuhan yang ada. Pada bagian *hardware*, Arduino UNO digunakan sebagai kontrol utama alat, Ethernet Shield sebagai perantara pengiriman data ke jaringan akan ditampilkan pada *webpage*, serta TCS230 sebagai sensor pendeteksi warna urine yang mana keseluruhan kerjanya tersebut disuplai dengan catu daya sebesar 8 VDC. Sedangkan pada bagian *software*, penggunaan Arduino IDE sebagai aplikasi pemrograman C/C++ dan Notepad++ sebagai aplikasi pemrograman HTML dipilih karena keduanya ini lebih mudah digunakan dan familiar oleh *user* dalam melakukan penulisan ataupun pengeditan program dengan jenis bahasanya masing-masing. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan objek uji sejumlah 10 sampel, didapatkan hasil bahwa secara kualitas alat tersebut dapat diimplementasikan dan digunakan dengan baik. Sementara secara kuantitas diketahui bahwa rata-rata kesalahan pada setiap pendeteksian warna urine sebesar 10%. Sedangkan penampilan hasil pengukuran pada *website* saat pengujian tidak mengalami kendala. Kesalahan pengukuran umumnya disebabkan karena posisi sampel urine tidak sesuai, kurangnya database, serta tingkat sensitivitas dan akurasi dari komponen yang digunakan.

Kata kunci : Urine Analyzer, Sistem Telemetri, Arduino, TCS230.

ABSTRACT

Lack of public awareness to conduct regular medical check-up every month causes an increasing number of deaths each year. In fact, medical check-up is necessary, consider to recently there are many diseases that do not always cause early symptoms. So it should motivate people to change their mindset and actively conducting regular medical check-up. The purpose of this tool is to design and to know the performance of the design that has been made. The process of making the tool is consists of several steps that have their respective functions. In addition, the selection of components used also has been adjusted to the existing design needs. In the hardware section, Arduino UNO is used as the primary control of tool, Ethernet Shield as an intermediate data transmission to the network which will be displayed on the webpage, as well as TCS230 as urine color detector sensor which the entire work is supplied by 8 VDC power supply. whereas in the software section, the use of Arduino IDE as a programming application C/C++ and Notepad++ as HTML programming applications were selected caused by easier use and familiar to user in writing or editing the program with the language type respectively. According to the results of testing that have been done with the testing object of 10 samples, the results obtained that the quality of the tool can be implemented and can be used properly. Whereas the quantity, known that the error average on each urine color detection of 10%. Meanwhile, there are no obstacle the appearance of the measurement results on the website when testing. Measurement errors are generally due to inappropriate urine sample position, lack of database, as well as the level of sensitivity and accuracy of the components used.

Keywords: Urine Analyzer, Telemetry System, Arduino, TCS230.

PENDAHULUAN

Penyakit Diabetes Melitus (DM) merupakan salah satu dari empat penyakit tidak menular tertinggi yang berakibat pada kematian, dengan tiga penyakit lainnya yaitu penyakit jantung, kanker, dan pembuluh darah. Selain itu penyakit diabetes juga dapat menyebabkan beberapa penyakit turunan seperti hipertensi dan penyakit jantung (Abidin, 2015). Saat ini diperkirakan sekitar 285 juta orang menderita diabetes di seluruh dunia dan diperkirakan akan meningkat menjadi 366 juta pada tahun 2030 (Kassim, 2013). Indonesia sendiri, pada tahun 2012 tercatat lebih dari 8 juta jiwa mengidap penyakit diabetes, dan 84% tidak menyadari bahwa mereka menderita diabetes (WHO, 2011).

Penyakit diabetes dapat berpengaruh terhadap otak dengan penderita beresiko meningkatnya penyakit Alzheimer dan perlambatan fungsi mental (Anna, 2011). Banyaknya bahaya yang dapat ditimbulkan dari penyakit diabetes melitus, menjadikan penyakit ini harus segera ditangani. Sejatinnya tujuan pengobatan pada penyakit ini memang bukan untuk menyembuhkan, melainkan untuk menormalkan kadar gula darah dan mencegah kerusakan organ-organ tubuh akibat gula darah yang tinggi. Oleh sebab itu pengukuran kadar gula darah secara rutin perlu dilakukan agar seseorang dapat mengurangi resiko terhadap bahaya penyakit ini.

Saat ini terdapat beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengukur kadar gula darah. Teknik pengukuran tersebut masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan baik itu dari segi akurasi, kompleksitas, maupun biaya. Secara garis besar teknik pengukuran gula darah terbagi menjadi dua metode, yaitu metode *invasive* dan *non invasive*. Metode *invasive* merupakan metode yang banyak digunakan untuk mengetahui kadar gula dalam darah. Namun karena pada metode *invasive* menggunakan sampel berupa darah pasien, sehingga metode ini kurang efektif dan cocok digunakan sebab terkadang dapat menimbulkan adanya infeksi dan rasa sakit yang dirasakan pasien setelahnya. Sedangkan metode *non invasive*, teknik ini menggunakan alat photoplethysmography. Untuk mengeceknya,

sensor pendeteksi diletakkan di organ tubuh pasien seperti pada jari atau daun telinga, sehingga pengukuran ini dianggap kurang akurat.

Sementara pada pengukuran menggunakan sampel urine, hasil pengukurannya akan lebih akurat karena sejatinnya urine mengandung zat-zat buangan tubuh yang dapat diketahui dengan jelas apakah seseorang menderita penyakit khususnya diabetes melitus ataupun tidak. Pendeteksian menggunakan urine dapat dilakukan dengan menganalisa kandungan kimia yang terdapat pada urine maupun dari warna urine yang tidak wajar. Namun, pengujian ini hanya dapat dilakukan di laboratorium dan dibutuhkan biaya yang tidak sedikit serta hanya dapat dilakukan oleh tenaga ahli. Oleh sebab itu, diperlukan sistem yang terintegrasi untuk dapat menghasilkan hasil diagnosa yang cepat dan akurat.

Berdasarkan hal-hal tersebut diatas penulis mencoba membuat suatu alat *urine analyzer* dengan sistem telemetri. Rancangan ini diharapkan mampu mendeteksi penyakit diabetes melitus. Pengukurannya menggunakan indikator warna urine pada volume yang tetap.

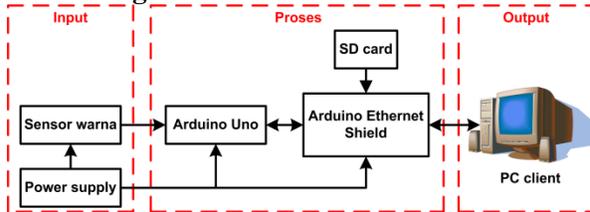
Berdasarkan permasalahan ada 5 identifikasi masalah (1) Penyakit diabetes melitus menjadi penyumbang tertinggi penyakit tidak menular di seluruh dunia. (2) Perlunya penanganan khusus terhadap penderita diabetes melitus sebab dapat terjadi gangguan yang lebih fatal apabila tidak segera diobati. (3) Cukup mahal biaya pengecekan penyakit diabetes menyebabkan sebagian masyarakat sulit untuk melakukannya. (4) Hasil diagnosa penyakit masih bersifat lama karena dilakukan secara manual. (5) Belum terciptanya alat *urine analyzer* yang terintegrasi dengan sistem telemetri untuk mendeteksi penyakit diabetes melitus yang terpantau menggunakan *web server*.

Rumusan masalah dari pembuatan alat ini ada 2 meliputi (1) Bagaimana rancang bangun dari *Prototype Urine Analyzer Telemetry* Menggunakan Sensor Warna untuk Mendeteksi Penyakit Diabetes pada Seseorang? (2) Bagaimana unjuk kerja dari *Prototype Urine Analyzer Telemetry* Menggunakan Sensor Warna untuk Mendeteksi Penyakit Diabetes pada Seseorang?.

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini ada beberapa tahap yaitu : blok diagram, perancangan sistem, pengujian alat, dan pengambilan data.

Blok Diagram



Gambar 1. Blok Diagram

Pada Gambar 1 merupakan blok diagram dari *prototype urine analyzer telemetry* menggunakan Sensor warna untuk mendeteksi penyakit diabetes pada seseorang. Pada bagian *input* terdiri dari sensor warna TCS230 untuk mendeteksi perbedaan warna urine dan *power supply* sebagai penyuply sumber tegangan. *SD card* digunakan untuk menyimpan file halaman web yang akan dikirim ke client. Setelah sensor mendeteksi warna dari urine maka data akan diolah oleh mikrokontroler Arduino Uno dan akan dikirim melalui Arduino Ethernet Shield ke jaringan komputer saat ada permintaan dari *client* beserta laman *web* yang ada di *SD card*. Di mana pengolahan data sensor akan dianalisis dan ditampilkan pada *PC web browser client*.

Perancangan Sistem

1. Perancangan Perangkat Keras

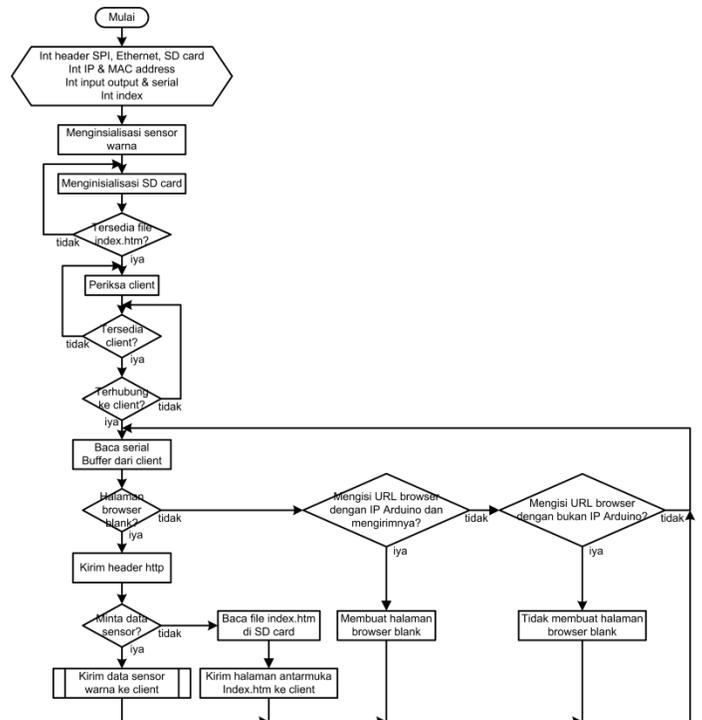
Perancangan perangkat keras merupakan perancangan alat yang dibutuhkan, yaitu : rangkaian power supply, sensor warna, Arduino Uno dan Arduino Ethernet Shield.

2. Perancangan Perangkat Lunak

Flowchart dapat dijabarkan menjadi sebuah alur pemrosesan program yang diawali dengan menginisialisasi port digital Arduino yang terhubung dengan sensor TCS230 dan Arduino Ethernet Shield, seperti komunikasi serial sinkron SPI (*Serial Peripheral Interface*) di Arduino, serta *SD card*.

Selanjutnya memeriksa keberadaan file index di dalam *SD card* yang nantinya akan ditampilkan pada laman *web browser*,

kemudian memeriksa apakah ada permintaan *client* apa tidak. Permintaan *client* dilakukan dengan memasukkan alamat *server* (*IP address* Arduino) pada *URL browser*, jika alamat sesuai maka Arduino Uno akan mengirimkan file index ke *client* lalu di *browser* file tersebut akan diterjemahkan menjadi halaman *web*. Setelah halaman *web* tersedia *server* akan terus menerus mengirim data sensor ke *client*.

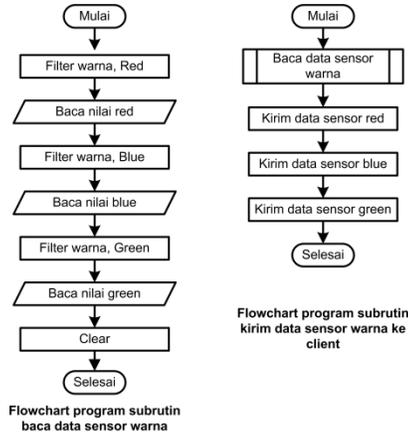


Gambar 2. Flowchart program utama

Pada *web server* hasil dari pembacaan sensor berperan seperti *database server* yang diakses oleh *client*, namun *database* tersebut selalu berubah atau di-*update* berdasarkan dari hasil dari pembacaan nilai sensor. Ketika S2 dan S3 dalam kondisi *low* maka *output* merupakan hasil dari pembacaan *filter* warna merah, saat S2 dalam kondisi *low* dan S3 *high* maka *output* merupakan hasil dari pembacaan *filter* warna biru, dan saat S2 dan S3 dalam kondisi *high* maka *output* merupakan hasil dari pembacaan *filter* warna hijau.

Ketika *client* memanggil halaman *web* (*index.htm*) dari *server* (Arduino), *server* merespon panggilan dan mengirimkan halaman *web* yang ada di *SD card*. Kemudian *client* membuat perintah *AJAX* (*Asynchronous*

JavaScript and XML) ke server Arduino dan memanggil lebih banyak data (sensor TCS230), server mengirimkan data (XML) tersebut dan client memutakhirkan laman dengan data tersebut tanpa me-refresh halaman web. Perintah AJAX berada di dalam file index.htm yang ter-compile pada web browser saat PC client menerima file index.htm dari server Arduino.



Gambar 3. Flowchart program subrutin kirim data sensor ke client (kanan) dan flowchart program subrutin baca data sensor (kiri)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat meliputi pengujian power supply, sensor warna TCS230, tampilan web browser serta pengujian keseluruhan alat.

Pengujian Power Supply

Tabel 1. Hasil pengukuran power supply tegangan tanpa beban

No	Aspek pengukuran	Vin	Vout tanpa beban		Error
			rangkaian	simulasi	
1.	Trafo primer	235 VAC	235 VAC	235 VAC	0%
2.	Trafo sekunder	235 VAC	9,5 VAC	9,57 VAC	0,73%
3.	Dioda bridge	9,5 VAC	12,5 VDC	12,9 VDC	3,10%
4.	IC regulator	12,5 VDC	8,3 VDC	8 VDC	3,75%

Pengujian power supply dilakukan dengan mengukur Vin dan Vout pada trafo, dioda penyearah, IC regulator, dan input Vin Arduino. Pada trafo 500mA ketika tanpa beban pengukuran trafo pada primer dan sekunder menunjukkan hasil pengukuran sebesar 235V dan 9,5V (AC).

Pada Tabel 2, pengukuran dilakukan dengan beban berupa sensor, Arduino Uno, dan Arduino Ethernet Shield dengan pembacaan

Ibeban sebesar 260mA (arus output power supply). Dari hasil pengukuran pada rangkaian dan simulasi Proteus didapatkan selisih yang tidak terlalu jauh.

Tabel 2. Hasil pengukuran power supply tegangan dengan beban

No	Aspek pengukuran	Vin	Vout dengan beban		Error
			rangkaian	simulasi	
1.	Trafo primer	235 VAC	235 VAC	235 VAC	0%
2.	Trafo sekunder	235 VAC	9 VAC	9,53 VAC	5,56%
3.	Dioda bridge	9,5 VAC	9,7 VDC	10,6 VDC	8,49%
4.	IC regulator	12,5 VDC	8,1 VDC	7,98 VDC	1,50%

Dari pengujian tegangan power supply dan pengujian pembacaan sensor, pada output rangkaian catu daya tanpa beban memiliki error sebesar 3,75% dan presentase error dengan beban sebesar 1,5%. Power supply tersebut digunakan untuk mencatu Arduino Uno yang membutuhkan tegangan input 7-12 V, dengan kebutuhan arus total rangkaian yang berkisar 260mA maka dengan menggunakan sebuah trafo NON-CT 0,5 A untuk mensupply keseluruhan rangkaian dirasa sudah cukup. IC regulator 7808 dengan disupply dari dioda penyearah sebesar 12,5 V (hasil pengukuran) maka:

$$\begin{aligned}
 \text{dissipasi daya} &= (V_{in} - V_{out}) \times I_{\text{beban}} \\
 1,9 \text{ watt} &= (12,5V - 8V) \times I_{\text{beban}} \\
 I_{\text{beban}} &= 1,9 \text{ watt} / 4,5V \\
 I_{\text{beban}} &= 0,422 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Dengan arus beban maksimal yang bisa dilewatkan rangkaian regulator sebesar 422mA sudah mencukupi kebutuhan rangkaian yang hanya 260mA, dan tidak diperlukan penggunaan trafo melebihi 0,5 A. pada sensor TCS230 dan Arduino Ethernet Shield tegangan supply didapat dari regulator internal yang ada di Arduino, memberikan tegangan sebesar 5 V.

Pengujian Sensor Warna TCS230

Tabel 3. Hasil pembacaan sensor warna TCS230 dalam model RGB

No	Warna	Jarak dengan sensor	Hasil pembacaan			
			R	G	B	Warna
1.	Biru tua	2,5 cm	143	156	195	
2.	Biru tua	1 cm	36	35	110	
3.	Hijau muda	2,5 cm	160	193	164	
4.	Hijau muda	1 cm	72	135	-188	
5.	Merah	2,5 cm	186	169	177	
6.	Merah	1 cm	184	-82	-121	
7.	Hijau tua	2,5 cm	153	204	164	
8.	Hijau tua	1 cm	-14	80	-151	
9.	Biru muda	2,5 cm	148	190	201	
10.	Biru muda	1 cm	-11	149	195	

Pengujian pembacaan sensor TCS230 dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan dengan sampel uji media berwarna, dari hasil nilai RGB yang terbaca kemudian dikonversi ke warna dan dapat diketahui perbedaan tingkat keabu-abuan (*value*) maupun kecerahan warna (*chroma*) yang mampu terbaca.

Pengujian sampel dari jarak 1 cm memiliki hasil warna yang lebih cerah daripada ketika sampel diletakan diatas sekat akrilik dengan jarak 2,5 cm dari sensor. Hal ini menunjukkan ketika semakin jauh media pembacaan maka frekuensi cahaya yang mampu ditangkap sensor semakin pudar, namun dalam jarak 2,5 cm sensor masih mampu menangkap perbedaan warna cahaya yang dipantulkan dari warna sampel.

Pengujian Tampilan Web Browser

Tabel 4. Hasil pengujian tampilan pada *web browser*

No	Keterangan	Tampilan <i>web browser</i>
1.	Urine warna kuning bening	
2.	Urine warna kuning muda dan keruh	

Pengujian tampilan *web* dilakukan dengan cara, apakah data yang terbaca dari sensor dapat ditampilkan pada *web browser*. Dan didapatkan hasil bahwa file index dapat terkirim ke *client* dan diterjemahkan menjadi laman *web* seperti pada Tabel 4.

Pengujian Keseluruhan Alat

Unjuk kerja keseluruhan alat ini merupakan kombinasi seluruh bagian *hardware* dan *software* yang telah terintegrasi menjadi sebuah sistem. Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan, maka sistem ini berfungsi dengan

baik. Sensor yang digunakan dalam pembuatan alat ini yaitu sensor TCS230 untuk mendeteksi perbedaan warna. Dan Arduino Ethernet Shield sebagai penghubung antara Arduino Uno ke jaringan *localhost*. Arduino Ethernet merupakan salah satu protokol yang sering digunakan untuk menghubungkan anatara mikrokontroler dengan jaringan komputer menggunakan kabel LAN.

Tabel 5. Hasil pengujian unjuk kerja pembacaan sampel urine

No	Sampel	Uji (R,G,B)	Pembacaan	Keterangan
1.	 diabetes	205 242 243	diabetes	sesuai
2.	 diabetes	208 261 243	diabetes	sesuai
3.	 diabetes	208 252 261	diabetes	sesuai
4.	 diabetes	222 261 249	diabetes	sesuai
5.	 diabetes	231 280 309	normal	kesalahan pembacaan
6.	 normal	227 265 285	normal	sesuai

7.	 normal	222/258/273	normal	sesuai
8.	 normal	231/279/309	normal	sesuai
9.	 normal	233/279/307	normal	sesuai
10.	 normal	229/268/285	normal	sesuai

Pengujian unjuk kerja, uji unjuk kerja dilakukan dengan mengoprasikan keseluruhan alat yang telah dibuat sesuai dengan tujuannya. Setelah alat diuji perbagian secara fungsional, kemudian diuji secara keseluruhan. Pengujian dilakukan menggunakan sampel berupa urine sebanyak 100ml yang diletakan didalam sebuah botol plastik transparant, kemudan hasil dari pembacaan sensor diklasifikasikan sesuai dengan data base yang telah dibuat pada program. Pada tahap uji keseluruhan, sampel yang telah diuji coba *prototype urine analyzer telemetry* mampu digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan warna walaupun tidak memiliki tingkat akurasi yang tinggi.

Pengujian unjuk kerja dilakukan dengan menggunakan 10 sampel (warna urine) dari 2 kategori berbeda dengan spesifikasi warna yang telah ditentukan. Dari 10 sampel yang diuji, sampel no 1 sampai 5 merupakan sampel urine penderita diabetes melitus, sedangkan sampel no 6 sampai 10 merupakan sampel urine orang normal.

Berdasarkan 10 sampling yang telah di ujikan, terdapat satu kesalahan pembacaan pada sampel no5. Maka didapatkan rata-rata *error* sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata } error &= \frac{\text{jumlah } error}{\text{jumlah data pengujian}} \times 100\% \\ &= \frac{1}{10} \times 100\% \\ &= 10\% \end{aligned}$$

Kesalahan ini diduga karena beberapa faktor, seperti penempatan posisi sampel urine yang tidak tepat sehingga mengasilkan sudut pembiasan cahaya yang berbeda, kurangnya data base pengidentifikasian serta pengaruh dari cahaya luar yang menginterfensi pembacaan sensor. Kestabilan tegangan input juga mampu membuat hasil pembacaan menjadi tidak setabil.

KESIMPULAN DAN PENELITIAN KELANJUTAN

Kesimpulan

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan pada *prototype urine analyzer telemetry* menggunakan sensor warna untuk mendeteksi penyakit diabetes pada seseorang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perangkat keras *prototype urine analyzer telemetry* telah berhasil dibuat dengan menggunakan beberapa komponen dan rangkaian, diantaranya: rangkaian regulator sebagai penstabil tegangan pada *power supply*, rangkaian sensor TCS230 sebagai *input*, Arduino UNO untuk pengendali dan pengolah data, dan Arduino Ethernet Shield sebagai menghubungkan antara mikrokontroler dengan jaringan komputer melalui kabel LAN untuk ditampilkan pada *browser* PC.
2. Perangkat lunak yang diaplikasikan dalam sistem ini menggunakan pemrograman bahasa Arduino atau bahasa C yang telah disederanakan pada Arduino IDE. Sedangkan untuk *interface* laman *web*, menggunakan bahasa htm atau html. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, perangkat lunak ini dapat berjalan dengan baik untuk membaca data input sensor, mengirim data ke *client* atau ke *browser* PC dan menampilkannya.
3. Unjuk kerja *prototype urine analyzer telemetry* menggunakan sensor warna untuk mendeteksi penyakit diabetes pada seseorang secara keseluruhan telah berjalan dengan baik yaitu saat sensor menangkap perubahan rona warna, tingkat terang-gelap, dan intensitas

warna cahaya yang dipantulkan dari permukaan media sampel, hasilnya akan diolah di Arduino kemudian untuk dikirimkan ke *client* PC. Warna cahaya yang ditangkap diolah dengan model RGB dan di remaping untuk mempersempit *range* hasil pembacaan sensor.

Penelitian Kelanjutan

Pembuatan proyek akhir ini memiliki beberapa kekurangan, sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut. Penelitian kelanjutan untuk menyempurnakan proyek akhir ini, antara lain sebagai berikut:

1. Untuk mendeteksi urine sebaiknya digunakan berbagai macam parameter, agar dapat lebih akurat. Dikarenakan jika hanya menggunakan sensor warna TCS230 data yang didapat untuk membaca warna zat cair kurang sensitif. Mungkin dapat dikembangkan menggunakan kamera untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.
2. Sistem ini masih berupa *prototype*, sehingga perlu penelitian lebih lanjut untuk menguji keefektifan alat agar dapat diterapkan dalam kehidupan nyata.
3. Pemeriksaan urine disarankan hanya dijadikan sebagai tes awal saja, perlu pemeriksaan lainnya agar diagnosa penyakit menjadi lebih tepat.
4. Penggunaan warna *background box* sebaiknya digunakan warna putih, agar tidak mempengaruhi hasil pembacaan sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, M. S. (2015). Desain Sistem Pengukuran Gula Darah Menggunakan Metode Non-Invasive Berbasis Spektrofotometer Sederhana. *Jurnal Teknik Elektromedik Stikes Mandala Waluya Kendari*.
- Anna, L.K. (2011). *Alzheimer Penyakit Diabetes Otak?*. Diakses pada tanggal 25 Januari 2018, dari <https://lifestyle.kompas.com/read/2016/08/15/132200823/Alzheimer.Penyakit.Diabetes.Otak>.

Deny, B. H. (2011). Upaya Peningkatan Kualitas Kuliah Jaringan Komputer Melalui Penerapan Media Pembelajaran Packet Tracer 5.0. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta*.

Kadarisman, T. Y., Suprpto. (2011). Pengembangan Modul Praktikum Mikrokontroler (AVR) Menggunakan Perangkat Lunak Proteus Professional v7.5 SP3. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektronika Universitas Negeri Yogyakarta*.

Kassim, N. M., Kit, S. Y. H. (2013). *Non Invasive Blood Glucose Measurement Using Temperature-Based Approach*. Diakses pada tanggal 9 Maret 2018, dari <https://id.scribd.com/document/253278592/Non-Invasive-Blood-Glucose-Measurement-Using-Temperature-Based>.

WHO. (2011). Diabetes Factsheet No. 132, Geneva (Switzerland).