

Rancang Bangun Sistem Monitoring Alat Non Invasive untuk Screening Gejala Klinis Penyakit Kardiovaskular Berbasis Internet of Medical Things (IoMT)

Danang Widyawarman^{1*}, Tri Hastono², Brilian Wulansari³

¹Jurusan Teknologi Rekayasa Elektro-medis, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Yogyakarta

²Jurusan Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Yogyakarta

³PKU Muhammadiyah Gamping

*Penulis Koresponden

e-mail:¹ danangwidyawarman@upy.ac.id,²trihastono@upy.ac.id,³brilianwulansari@gmail.com,

ABSTRACT

The process of measuring uric acid, cholesterol and blood sugar levels is generally carried out using invasive methods or by injuring parts of the body to take blood samples. The invasive method requires 3 different tools to determine blood sugar, cholesterol and uric acid levels. In this study, measurements were carried out using non-invasive methods or without injuring body parts based on the Internet of Medical Things (IoMT). This tool is equipped with a Liquid Crystal Display and a Web server application to display the measurement results. This research aims to measure uric acid, cholesterol, blood sugar levels and oxygen saturation which is carried out using red LED light emitting on a sensor attached to the finger. The output value from the sensor in the form of voltage is processed on the Arduino NodeMCU ESP 32 to be converted into bits and calculations are carried out to obtain the values for uric acid, cholesterol, blood sugar levels and oxygen saturation. The measured value will then be sent to Firebase so that it can be displayed on the Web server application and LCD which is used for disease mapping in an area and assisting doctors' monitoring. The advantage of the invasive method in this study shows that this tool can be used for non-invasive early screening of cardiovascular disease with its sensor which can provide information on glucose, uric acid and cholesterol levels in the blood with an average accuracy percentage of 93.8% by comparing with invasive methods. The use of the Internet of Medical Things as a data transmission method for online use does not require human-to-human interaction.

Keywords: Monitoring, Cardiovascular, IoMT, Web server

INTISARI

Proses pengukuran nilai asam urat, kolesterol dan kadar gula darah umumnya dilakukan dengan menggunakan metode invasive atau dengan melukai bagian tubuh untuk mengambil sampel darah. Pada metode invasive diperlukan 3 alat yang berbeda untuk dapat mengetahui kadar gula darah, kolesterol dan asam urat. Pada penelitian ini pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode non-invasive atau tanpa melukai bagian tubuh dengan berbasis Internet of Medical Things (IoMT). Alat ini dilengkapi dengan Liquid Crystal Display dan aplikasi Web server sebagai penampil nilai hasil pengukuran. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur nilai asam urat, kolesterol, kadar gula darah dan saturasi oksigen yang dilakukan dengan memanfaatkan pemancaran cahaya LED merah pada sensor yang dipasangkan pada jari. Nilai output dari sensor berupa tegangan diproses pada arduino NodeMCU ESP 32 untuk diubah menjadi bit dan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai asam urat, kolesterol, kadar gula darah, dan saturasi oksigen. Nilai yang terukur kemudian akan dikirimkan ke firebase agar dapat ditampilkan pada aplikasi Web server dan LCD yang digunakan untuk pemetaan penyakit di suatu wilayah dan membantu monitoring dokter. Keunggulan dengan metode invasive pada penelitian ini menunjukkan bahwa alat ini dapat digunakan untuk scerning awal penyakit kardiovaskular secara non-invasive dengan sensornya yang dapat memberikan informasi kadar glukosa, asam urat dan kolesterol dalam darah dengan rata-rata persentase akurasi sebesar 94,9% dengan membandingkan dengan metode invasive. Penggunaan *Internet of Medical Things* sebagai metode transmisi data untuk penggunaan secara *online* tidak memerlukan interaksi manusia ke manusia.

Kata kunci: Monitoring, Kardiovaskular, IoMT, Web server

1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan bidang kesehatan untuk setiap tahunnya lebih dari 36 juta orang meninggal karena Penyakit Tidak Menular (PTM) (63% dari seluruh kematian). Lebih dari 9 juta kematian yang disebabkan oleh penyakit tidak menular terjadi sebelum usia 60 tahun, dan Lebih dari tiga per empat atau sekitar 80 % dari kematian akibat penyakit kardiovaskular terjadi di negara berpenghasilan rendah sampai menengah termasuk Indonesia (WHO, 2016). Penyakit kardiovaskular masih menjadi masalah kesehatan global di seluruh dunia termasuk Indonesia. Penyakit kardiovaskular merupakan penyebab kematian dengan peringkat tertinggi di Indonesia. Penyakit ini juga menjadi penyebab utama kematian global. *Coronary Heart Disease* (CHD) juga disebut *Coronary Artery Disease* (CAD) atau *Atherosclerotic Heart Disease* (ASHD) merupakan suatu kondisi yang mempengaruhi pembuluh darah saat darah dibawa menuju jantung. Biasanya disebabkan oleh penumpukan plak dalam dinding arteri. Penumpukan ini menyebabkan bagian dalam arteri menjadi lebih sempit sehingga memperlambat aliran darah (Rilantono, 2012).

Data WHO tahun 2015 menunjukkan bahwa 70% kematian di dunia disebabkan oleh Penyakit Tidak Menular (39,5 juta dari 56,4 kematian). Penyakit jantung koroner ialah gangguan yang disebabkan karena adanya penyempitan atau sumbatan (atherosclerosis) pada pembuluh darah koroner yang menyebabkan otot jantung kekurangan darah sehingga fungsi jantung pun terganggu (Yusvita & Shinta, 2018). Dari seluruh kematian akibat Penyakit Tidak Menular (PTM) tersebut, 45% nya disebabkan oleh Penyakit jantung dan pembuluh darah, yaitu 17.7 juta dari 39,5 juta kematian. jumlah penderita penyakit kardiovaskular di Indonesia meningkat secara terus menerus, hal tersebut berakibat pada peningkatan angka kesakitan, kecacatan dan beban social ekonomi bagi penderita, keluarga, masyarakat dan negara (Kemenkes, 2014).

Data dari seluruh rumah sakit di Daerah Istimewa Yogyakarta menunjukkan bahwa penyakit kardiovaskular menjadi penyebab kematian utama dengan jumlah kematian yang semakin meningkat setiap tahun (Depkes, 2012). Penyakit kardiovaskular dapat menyebabkan kecacatan dan penurunan kualitas hidup terkait kesehatan (Department of Health, 2013). Penilaian kualitas hidup terkait kesehatan sangat berguna dalam menentukan manajemen terkait penyakit yang diderita dan berguna untuk mengukur atau mengevaluasi tujuan yang telah tercapai (Ko et al., 2015).

Beberapa penyebab penyakit kardiovaskular adalah peningkatan tekanan darah, kadar gula darah, kadar kolesterol dan *lipid*. Selain itu, kadar asam urat yang tinggi dapat meningkatkan resiko kematian akibat penyakit kardiovaskular. Hal ini menyebabkan keperluan untuk memantau kadar gula darah, kolesterol dan asam urat agar kadarnya tetap dalam batas normal. Alat ukur kadar gula darah, kolesterol dan asam urat yang ada di pasaran masih bersifat invasif, sehingga menimbulkan tumpukan sampah medis dan menimbulkan rasa tidak nyaman saat pengambilan sampel. Telah banyak dikembangkan alat ukur non-invasif untuk memonitoring kadar gula darah, kolesterol, asam urat, dan saturasi oksigen hanya dengan satu alat (4 in 1).

Pengembangan alat kesehatan non-invasive ini sesuai dengan prinsip *zero waste*. *Zero waste* adalah filosofi yang dijadikan sebagai gaya hidup demi mendorong kita untuk bijak dalam mengkonsumsi dan memaksimalkan siklus hidup sumber daya sehingga produk-produk bisa digunakan kembali. Prinsip ini dimulai dari *refuse*, *reduce*, dan *reuse*. Saat benar-benar sudah tidak memungkinkan untuk 3 hal tersebut, baru dilakukan *recycle* dan *rot* (Liss & Liss, 2000). Salah satu *prinsip zero waste* yang digunakan pada alat non-invasif adalah *reduce* atau mengurangi limbah medis. Penelitian yang terbatas mengenai kualitas hidup pada pasien dengan penyakit kardiovaskular menjadikan data kurang komprehensif seperti hanya pada kelompok umur lansia. Perubahan pola hidup masyarakat saat ini menyebabkan pula perubahan pola penyakit, dari infeksi dan rawan gizi ke penyakit-penyakit degeneratif diantaranya adalah penyakit jantung dan pembuluh darah (*cardiovaskuler*). Salah satu penyebab utama dari penyakit kardiovaskular adalah kadar kolesterol dalam darah yang tinggi. Kadar kolesterol di dalam darah yang berlebihan merupakan suatu hal yang tidak baik untuk kesehatan, terutama kadar *Low Density Lipoprotein* LDL (Marhaendrajaya et al., 2017).

Di era Internet of Things (IoT) yang mengubah setiap lini kehidupan dimana dunia kesehatan, menjadi sektor utama yang diharapkan dapat memanfaatkan IoT ke dalam sistem pelayanan. Perangkat medis yang terhubung dengan internet, yang dikenal dengan istilah *wearables*, telah mengubah industri kesehatan, mulai dari memperbaiki proses manajemen bisnis, menciptakan nilai baru, meningkatkan efisiensi, hingga memberikan berbagai alternatif baru untuk memperbaiki pelayanan kepada pasien atau masyarakat. Penggunaan komputasi seluler, sensor medis, dan *cloud computing* untuk memantau tanda-tanda vital pasien secara real-time, serta penggunaan teknologi komunikasi untuk menyampaikan data ke kerangka komputasi Cloud, disebut sebagai *IoMT*. Dokter dapat menggunakan data tersebut untuk memantau, mendiagnosis, dan merawat pasien secara efektif. *Wearables* dalam dunia kesehatan telah membuka banyak peluang. Peralatan kesehatan yang terhubung

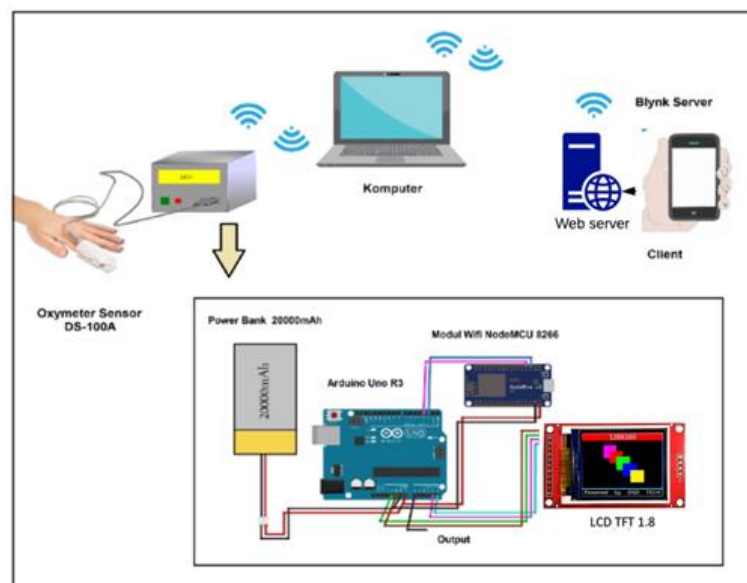
ke perangkat dan tersambung dengan internet yang dapat mengumpulkan data-data awal pasien atau masyarakat secara otomatis, sehingga memudahkan untuk mendapatkan informasi.

Metode pengukuran kadar kolesterol darah diantaranya adalah metode *Liebermann Burchard*, metode *Iron Salt Acid*, metode Elektroda-Based Biosensored, metode CHOD-PAP (American Hearth Association & American Stroke Association, 2015). Umumnya, pemeriksaan kadar kolesterol darah dilakukan dengan pengukuran kadar kolesterol darah dilakukan secara invasivedengan menggunakan test strip alat check darah *portable easy touch* (Kemenkes, 2014). Darah yang diambil dari tubuh diletakkan pada strip lalu selanjutnya alat akan mengukur kadar kolesterol dalam beberapa menit dan hasil pengukuran akan terlihat pada layar alat pengukur. Alat pengukur kadar kolesterol darah yang telah dikembangkan diantaranya berupa alat yang dibuat berupa alat pengukur kadar kolesterol dalam darah non-invasive menggunakan mikrokontroler ATmega 8535 dengan akurasi mendekati 97% namun dari hasil pengujian secara keseluruhan keluaran tegangan sensor dengan nilai kolesterol yang terukur riil masih belum konstan (Kemenkes, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan digitalisasi kesehatan masyarakat dengan *Smart Monitoring Health* menggunakan teknologi *Internet of Medical Things (IoMT)*, untuk membantu dalam monitoring screening gejala klinis kardiovaskular dengan cara non invasive berbasis prinsip zero waste untuk mengidentifikasi gejala klinis awal berupa gambaran demografi dan kualitas hidup pada masyarakat dengan penyakit kardiovaskular di suatu wilayah. Kebaruan dan kontribusi terhadap ilmu pengetahuan dalam penelitian ini adalah melalui pengembangan model *Smart Monitoring Health* akan membantu optimalisasi dalam bidang kesehatan. Pada pengembangan alat monitoring ini memanfaatkan teknologi informasi, seperti *internet of things (IoT)*, menggunakan 1 sensor Nellcor DS100 untuk mengukur 4 parameter (Kolesterol, asam urat, gula darah, dan saturasi Oksigen) dengan sistem monitoring berbasis web maupun android. IoMT dan Healthcare 4.0 memiliki potensi besar untuk merevolusi perawatan pasien dan diagnostik, meskipun menghadapi banyak tantangan kompleks. Tantangan dalam implementasi IoMT mencakup pertimbangan biaya, tekanan jaringan, masalah interoperabilitas, keterbatasan etika, kerumitan kebijakan, masalah keamanan, dan kerentanan yang membahayakan privasi pasien (Mukhopadhyay et al., 2024).

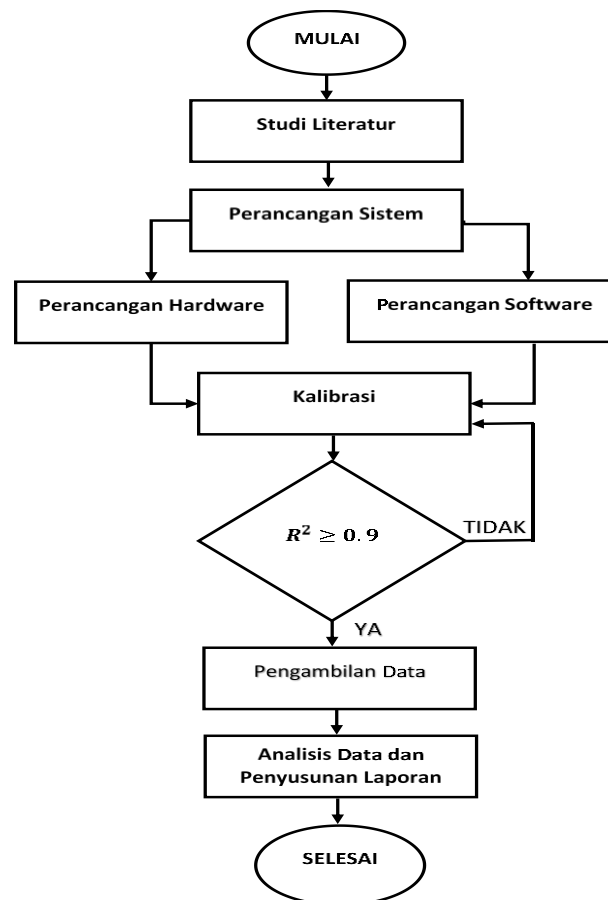
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian Research and Development (RnD) dengan sebuah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan dan menguji keefektifan produk tertentu. Sebelum menghasilkan produk, terlebih dahulu peneliti harus menganalisis permasalahan agar produk yang dihasilkan sesuai, setelah itu dapat dilakukan uji keefektifan dari produk tersebut. Penelitian yang dirancang berupa sistem deteksi kadar kolesterol, asam urat, gula darah, dan kadar saturasi oksigen dalam darah secara non-invasive menggunakan objek jari sebagai deteksi penyakit kardiovaskular berbasis Internet of Medical Things (IoMT). Pada alat ini menggunakan satu sensor oximeter DS-100A untuk mengukur 4 parameter sekaligus dilakukan dengan mendeteksi objek jari yang terdapat pada sensor dengan memanfaatkan serapan dari LED merah dan infrared. Pada perancangan alat dapat diuraikan secara sistematis dalam desain prototipe seperti pada diagram blok yang ditunjukkan pada Gambar 1.

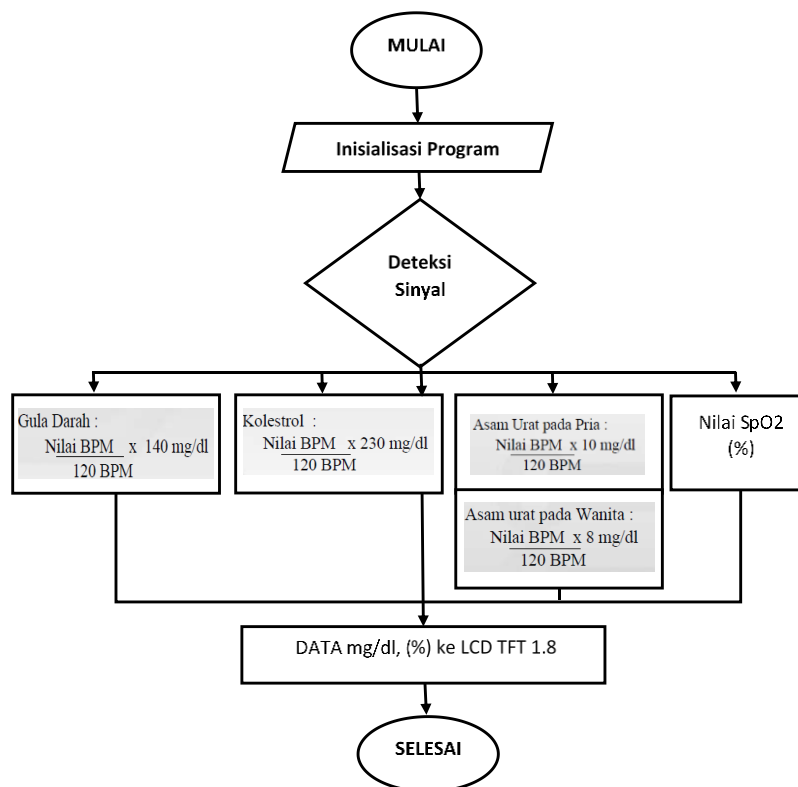


Gambar 1. Desain Prototipe Perangkat Keras Sistem Monitoring Alat Screening Awal Penyakit Kardiovaskuler

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri dari tiga kategori, yakni : alat standar yang digunakan sebagai pembanding, alat yang digunakan sebagai penunjang pembuatan alat, dan bahan atau komponen yang digunakan untuk pembuatan prototype alat ukur kadar kolesterol dalam darah menggunakan oxymeter sensor DS-100A. Alat standar pembanding yang digunakan pada penelitian ini adalah Autocheck GCU meter dengan battery CR2032 Lithium, waktu pengecekan 5 detik (gula), 15 detik (asam urat), 26 detik (kolesterol), dan Alat pengukur saturasi oksigen (SpO2) berupa oximeter standar merek Dr Care tipe FS10K ini sudah terdaftar dalam Kemenkes RI nomor AKL 20502023843. Diagram alir yang digunakan dalam penelitian di tunjukkan pada gambar 2. Perancangan perangkat lunak (Software) dilakukan dengan menggunakan Software Arduino IDE, web server dan Blynk Apps. Arduino IDE digunakan untuk menyusun source code langkah kerja keseluruhan sistem, sedangkan web server dan Blynk Apps digunakan sebagai system monitoring yang dapat memantau jarak jauh dengan bantuan jaringan internet. Penyusunan source code meliputi pembuatan platform Android yang dapat menjalankan fungsi-fungsi kerja sensor. Selanjutnya, source code yang dibuat akan mengirimkan data sensor ke perangkat android melalui komunikasi serial antara Arduino Uno R3 dengan modul wifi NodeMCU 8266. Diagram mekanika kerja sensor DS-100A dapat dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir yang Digunakan dalam Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Mekanika Kerja Sensor DS-100A

Pada tahap pengujian dilakukan dengan memanfaatkan pembacaan satu denyut jantung terhadap hasil gula darah, kolesterol, asam urat dan saturasi oksigen. Pengujian ini melibatkan 10 Relawan dengan rentan usia 18-50. Hasil nilai kadar gula darah, kolesterol, asam urat dan kolesterol yang terbaca oleh sensor akan dibandingkan dengan alat yang menggunakan metode Invasive yaitu Autocheck GCU atau Easy touch.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap penyelesaian akan dilakukan pengujian serta membahas hasil pengujian system. Dari pengujian yang diperoleh akan menjadi titik ukur untuk membuktikan bahwa sistem tersebut bekerja dengan baik atau tidak.

3.1 Perancangan sistem

Tahap pertama untuk membuat alat adalah merancang rangkaian driver sensor dan komunikasi serial sensor dengan mikrokontroler. Hasil eksperimental akan disinkronkan dengan perangkat lunak antar muka perangkat untuk deteksi kolesterol darah dan keluaran analog tegangan listrik yang dikonversikan menjadi nilai terukur kandungan kolesterol. Adapun desain sistem pengukuran kolesterol dalam darah non-invasive. Sensor yang digunakan pada rancangan alat adalah sensor saturasi oksigen buatan *Nellcor*. Sensor ini merupakan implementasi dari penelitian yang dilakukan Setsuo Takatani et.al. Sensor/tranduser yang digunakan harus bersifat *non-invasive* (tidak melukai bagian tubuh manusia/pasien) maka cara yang digunakan adalah menempelkan sensor/tranduser ke permukaan kulit. Untuk menempelkan sensor/tranduser ke permukaan kulit ini ada beberapa kemungkinan posisi sensor. Bila sistem ditujukan pada balita 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*).

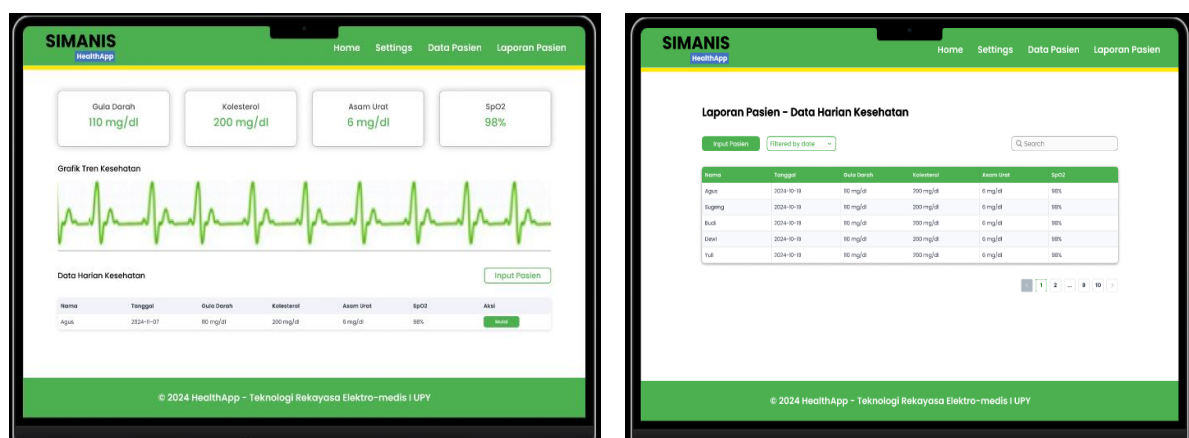


Gambar 4. Perancangan Alat

Rangkaian driver sensor menggunakan ULN2803 ini berfungsi untuk mengendalikan kerja sensor dan sebagai penguat pencahayaan pada sensor nelcorr DS 100A. Rangkaian driver sensor ditunjukkan Gambar 4. Rangkaian driver sensor ini digunakan untuk menggerakkan LED pada LED inframerah dan LED merah pada sensor. Dengan menggunakan sensor driver ini arus yang mengalir ke LED inframerah dan LED merah lebih kuat, karena pin-pin mikrokontroler tidak terlalu kuat untuk menggerakkan LED pada sensor.

3.2 Perancangan Software

Pembuatan perangkat lunak ini menggunakan aplikasi web phpMyAdmin dan untuk mengelola database menggunakan pakai AngularJs / Jsa script. AngularJS adalah sebuah *framework Javascript* yang di kembangkan atau di bangun oleh tim Google. angularjs menggunakan metode MVC yang membuat source code aplikasi kita menjadi bersih dan mudah di kembangkan. sampai saat ini angularjs sudah menjadi salah satu framework javascript yang paling populer dan sangat banyak di gunakan oleh para developer di seluruh dunia untuk membangun aplikasi. Dalam pembuatan web ini terdapat tiga database sebagai menu utamanya. Di dalam pembuatan web ini terdapat suatu input status aktif dan tidak aktif pada pasien. Hal ini sangat diperlukan agar data pengukuran yang diterima oleh web server hanya dapat di terima pada pasien yang status nya aktif. Dengan ini tidak akan terjadi kesalahan pengiriman data yang di terima oleh pasien tersebut yang ditunjukkan pada Gambar 5.

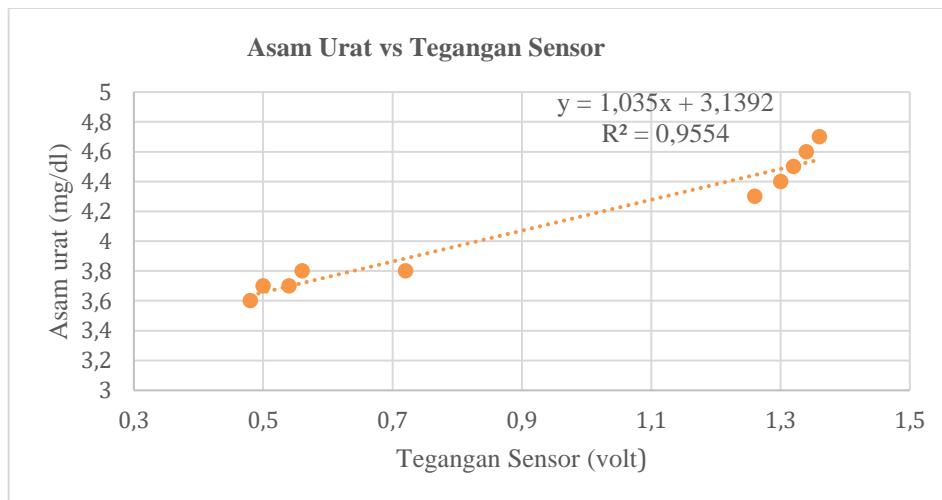


Gambar 5. Perancangan Software Web

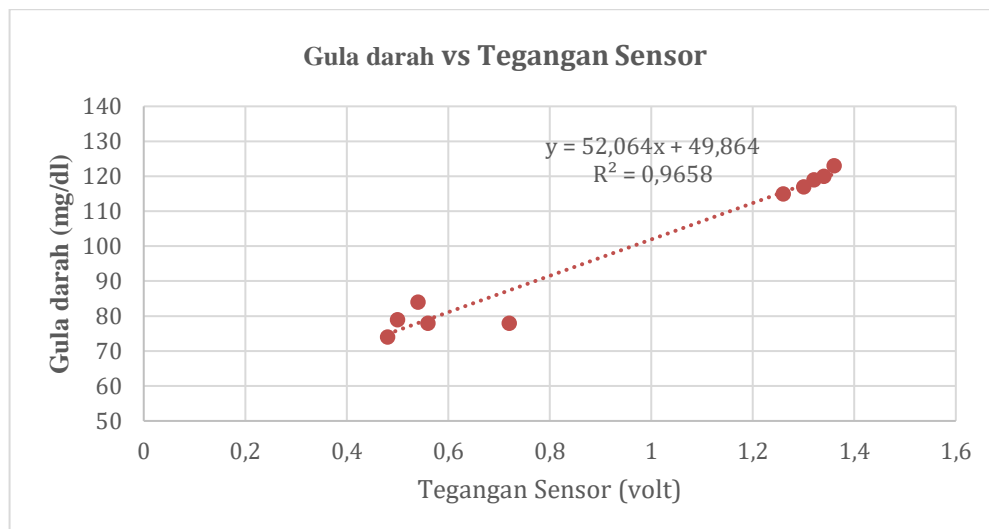
3.3 Hasil Uji Alat

Sensor nelcorr terdiri dari 2 sisi utama, pertama bagian LED yang mengeluarkan cahaya dan kedua bagian penerima cahaya. Sensor tersebut akan mengeluarkan Cahaya berupa led warna merah atau Infra red (bisa dipilih). Cahaya dari led tersebut kemudian mengenai tangan dan akan diserap oleh tangan. Tidak semua cahaya diserap, masih ada sisa cahaya yang sampai kebagian penerima sensor. Dibagian penerima ada sebuah fototransistor yang

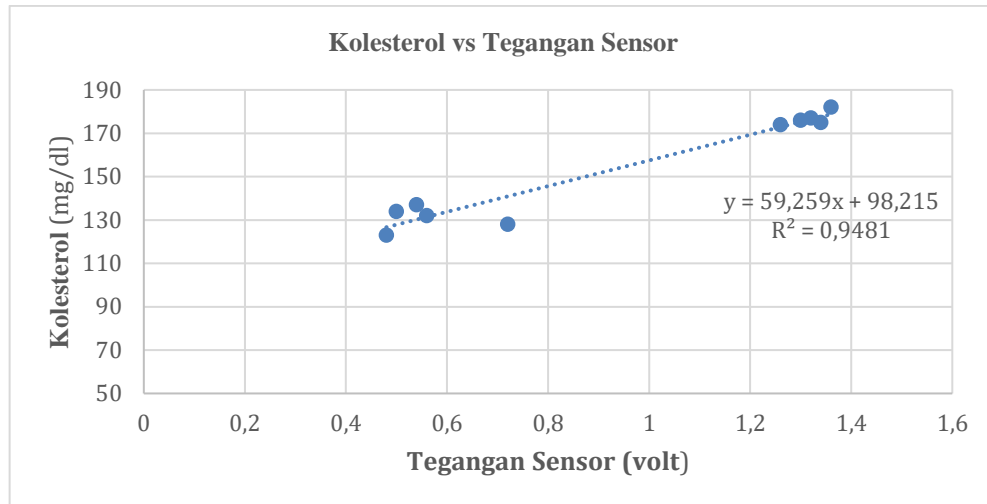
akan merubah nilai cahaya yang mengenai permukaan fototransistor tersebut menjadi tegangan. Semakin banyak cahaya yang mengenai, nilai tegangannya juga semakin besar. Nilai tegangan yang dikeluarkan dari fototransistor tersebut masih terlalu kecil. Sehingga untuk beberapa variasi tangan nilai perbedaannya kurang menonjol. Untuk mengatasi hal tersebut maka nilai tegangan dari sensor itu perlu dikuatkan. Oleh karena itu ada rangkaian penguat dari IC LM358 yang menuatkan sinyal dari sensor. Cahaya yang sampai ke bagian penerima berbeda-beda hasilnya bergantung tangan dari masingmasing orang. Nilai cahaya yang sampai inilah yang kemudian dikarakterisasi. Pengkarakterisasian dilakukan dengan melakukan plot linear nilai tegangan yang dikeluarkan terhadap nilai kolesterol yang didapat dari alat ukur kolesterol standar. Tegangan dari rangkaian dibaca oleh Arduino menggunakan ADC 10 bit, nilai ADC kemudian dikonversi menjadi tegangan lagi dan nilai tegangan dimasukkan dalam persamaan linear yang akan merubah nilai tersebut menjadi nilai asam urat, kolesterol, dan gula darah.



Gambar 6. Asam Urat vs Tegangan Sensor



Gambar 7. Gula darah vs Tegangan Sensor



Gambar 8. Kolesterol vs Tegangan Sensor

4. KESIMPULAN

Hasil Rancang bangun sistem monitoring alat non invasive untuk screening awal gejala klinis penyakit kardiovaskular pengukuran dilakukan dengan cara meletakkan jari di antara LED dan fotodiode. Fotodiode akan membaca tegangan yang ditembakkan oleh LED lalu tegangan yang didapatkan dikonversi ke dalam mg/dl. Dengan pembacaan awal nilai ADC yang sebanyak 50 cacahan yang waktu pembacaannya selama 5 detik lebih, maka hasil dari pembacaan yang muncul pertama kali tersebut itulah hasil dari kadar gula darah, kolesterol, dan asam urat yang sebenarnya yang akan ditampilkan melalui LCD. Hasil dari regresi linear dari asam urat dan tegangan output sensor diperoleh persamaan linear $y = 1,035x + 3,1392$ dengan koefisien korelasi regresi $R^2 = 0,9554$. Hasil dari regresi linear dari gula darah dan tegangan output sensor diperoleh persamaan linear $y = 52,064x + 49,864$ dengan koefisien korelasi regresi $R^2 = 0,9658$. Hasil dari regresi linear dari kolesterol dan tegangan output sensor diperoleh persamaan linear $y = 59,259x + 98,215$ dengan koefisien korelasi regresi $R^2 = 0,9481$ dengan nilai regresi square yang mendekati nilai 1, menunjukkan bahwa tegangan output sensor NIR sudah linier dengan baik terhadap nilai asam urat darah yang diukur dengan teknik invasif. Persamaan linear ini digunakan dalam program mikrokontroler untuk mengkonversi nilai tegangan output sensor menjadi nilai asam urat dalam darah (mg/dl). Pembacaan sensor IR LED dan photodiode tersebut menunjukkan nilai regresi square < 1 , hal ini terjadi karena disebabkan oleh beberapa faktor seperti pemasangan sensor yang tidak konsisten, kemungkinan cahaya lain yang diterima oleh fotodiode sehingga pantulan cahaya tidak murni dan ketebalan kulit mempengaruhi penyerapan cahaya pada jaringan jari. Pengujian alat pemantau asam urat yang telah didesain, kemudian dilakukan validasi alat dengan membandingkan pengukuran hemoglobin invasif dengan alat pengukur non-invasif yang telah didesain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada keluarga, Kementerian ristek dikti dan Lembaga Universitas PGRI Yogyakarta yang telah mendukung dan membantu dalam memberikan pendanaan dan support sistem dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- American Hearth Association & American Stroke Association. (2015). Hearth disease, stroke and research statistics at-a-glance. Tersedia dari http://www.heart.org/idc/groups/ahamahpublic/@wcm/@sop/@smd/documents/downloadable/ucm_480086.pdf
- Department of Health. (2013). Cardiovascular disease outcome strategy. United Kingdom: Department of Health. Tersedia dari https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/217118/9387-2900853-CVD-Outcomes_web1.pdf
- Healthcare 4.0: Exploring Recent Trends*, Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics., Vol. 6, No. 2, April2024, pp: 182-195;eISSN: 2656-863.
- Indras Marhaendrajaya., Eko Hidayanto., Zaenal Arifin dan Heri Sutanto. (2017). Desain dan realisasi alat pengukur kandungan kolesterol dalam darah noninvasif. Youngster Physics Journal ISSN : 2302 – 7371 Vol. 6, No. 3, Juli 2017, hal. 290-295

- Kemendes. (2014). Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2014. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI. http://www.depkes.go.id/resources/download/profil/PROFIL_KES_PROVINSI_2012/14_Profil_Kes.Prov.DIYogyakarta_2012.pdf
- Kemendes. (2014). Situasi Kesehatan Jantung. <http://www.depkes.go.id/download.php?file=download/pusdatin/infodatin/infodatin-jantung.pdf> . Diakses pada tanggal 1 Desember 2016.
- Kemendes. (2021). Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Kementerian Kesehatan RI, 1(1), 1. <https://www.kemkes.go.id/article/view/19093000001/penyakit-jantung-penyebab-kematian-terbanyak-ke-2-di-indonesia.html>.
- Ko, H.Y., Lee, J.K., Shin, J.Y., & Jo, E. (2015). Health-related Quality of Life and Cardiovascular Disease Risk in Korean Adults. *Korean Journal of Family Medicine*. 36: 349-356
- Liss, B. G., & Liss, G. (2000). What is Zero Waste ? Work
- Mukhopadhyay M, Banerjee S., Mukhopadhyay CD, (2024) *Internet of Medical Things and the Evolution of*
- Rilantono. (2012). Penyakit Kardiovaskular (PKV): 5 Rahasia, Edisi Pertama. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Yusvita F & Shinta NN. (2018). Gambaran Tingkat Risiko Penyakit Jantung Dan Pembuluh Darah Pada Pekerja Di Pt.X. *Forum Ilmiah*. Volume 15 Nomor 2
- World Health Organization. (2016). Cardiovascular diseases (cvds). Tersedia dari <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/>