

## **Desain dan realisasi alat pengukur kandungan kolesterol dalam darah *non-invasive***

**Indras Marhaendrajaya<sup>\*</sup>, Eko Hidayanto, Zaenal Arifin dan Heri Sutanto**

Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang 50275

<sup>\*</sup>Korespondensi Penulis, Email: [indras.marhaendrajaya@gmail.com](mailto:indras.marhaendrajaya@gmail.com)

### **Abstract**

Excess total blood cholesterol can lead to heart vessel disorders, stroke and the most fatal can result in death. While testing the cholesterol levels in the blood at this time still use the invasive technique that the patient's blood is taken by using a syringe. This is one of the obstacles / causes of some patients are reluctant to check blood cholesterol. One of the health technologies to detect blood cholesterol in non-invasive is by utilizing the absorption of near infrared ray (NIR) and laser. The change in the physical properties of the resistance shows the chemical content of different solutions. Preparation of non-invasive blood cholesterol gauge by utilizing oxymeter sensor capable of producing voltage changes in various liquid medium and Atmega 8535 microcontroller as a minimum system in controlling output value in digital data form. The system or equipment to be fabricated in this study is a non-invasive method (without injuring the patient's body while taking blood samples) to determine the blood cholesterol content by utilizing the physical properties of laser absorption or NIR sensors on various blood cholesterol levels. From the research results have been made series of sensor interfaces and serial data communications are displayed digitally. The test results show that the equipment made has shown good performance but still limited its performance test. The results of the research will be developed into a national program of providing cheap, non-invasive portable and movable health test kits.

**Keywords:** Heart Disease, Blood Cholesterol, NIR, Laser, Microcontroller.

### **Abstrak**

Kelebihan kolesterol total darah dapat mengakibatkan gangguan pembuluh jantung, stroke dan yang paling fatal dapat mengakibatkan kematian. Sementara pengujian kadar kolesterol dalam darah pada saat ini masih menggunakan teknik invasive yaitu darah pasien diambil dengan menggunakan jarum suntik. Hal ini merupakan salah satu kendala/penyebab dari beberapa pasien enggan untuk melakukan pengecekan kolesterol darah. Salah satu teknologi kesehatan untuk mendeteksi kolesterol darah secara non-invasive adalah dengan memanfaatkan serapan sinar near infra red (NIR) maupun laser. Perubahan sifat fisis hambatan menunjukkan kadar kimia larutan yang berbeda. Pembuatan alat pengukur kadar kolesterol darah secara non-invasive dengan memanfaatkan sensor oxymeter yang mampu menghasilkan perubahan tegangan pada berbagai medium cairan dan mikrokontroler Atmega 8535 sebagai sistem minimum dalam pengontrolan nilai keluaran dalam bentuk data digital. Sistem atau peralatan yang akan difabrikasi dalam penelitian ini merupakan metode non-invasive (tanpa melukai tubuh pasien saat mengambil sampel darah) untuk mengetahui kandungan kolesterol darah dengan memanfaatkan sifat fisis penyerapan laser atau NIR sensor pada berbagai kandungan kolesterol darah. Dari hasil penelitian telah dibuat rangkaian interface sensor dan komunikasi data serial yang ditampilkan secara digital. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peralatan yang dibuat telah menunjukkan kinerja yang cukup baik namun masih terbatas uji kinerjanya. Hasil-hasil penelitian akan dikembangkan menjadi program nasional penyediaan alat uji kesehatan non-invasive portable dan movable yang murah.

**Kata kunci:** Penyakit Jantung, Kolesterol Darah, NIR, Laser, Mikrokontroler.

## **PENDAHULUAN**

Fenomena yang terjadi sejak abad ke-20, penyakit jantung dan pembuluh darah telah menggantikan peran penyakit tuberkulosis

paru sebagai penyakit epidemik di negara-negara maju. Menurut estimasi para ahli WHO, setiap tahun sekitar 50% penduduk dunia meninggal akibat penyakit jantung dan

penyumbatan pembuluh darah atau stroke [1-3]. Berdasarkan laporan World Health Statistic 2008, tercatat 17,1 juta orang meninggal dunia akibat penyakit jantung koroner dan diperkirakan angka ini akan meningkat terus hingga 2030 menjadi 23,4 juta kematian di dunia. Saat ini, sedikitnya 78% kematian global akibat penyakit jantung terjadi pada kalangan masyarakat miskin dan menengah. Jika kecenderungan atau tren tersebut berlanjut, maka di tahun 2017 diperkirakan sekitar 20 juta orang akan meninggal akibat penyakit kardiovaskular khususnya penyakit jantung koroner [4-5].

Indonesia saat ini menghadapi masalah kesehatan yang kompleks dan beragam. Tentu saja mulai dari infeksi klasik dan modern, penyakit degeneratif serta penyakit psikososial yang menjadikan Indonesia saat ini yang menghadapi "threeple burden diseases". Tingginya angka kematian di Indonesia akibat penyakit jantung koroner (PJK) mencapai 26%. Berdasarkan hasil Survei Kesehatan Rumah Tangga Nasional (SKRTN), dalam 10 tahun terakhir angka tersebut cenderung mengalami peningkatan. Pada tahun 1991, angka kematian akibat PJK adalah 16 %, kemudian di tahun 2001 angka tersebut melonjak menjadi 26,4 %. Angka kematian akibat PJK diperkirakan mencapai 53,5 per 100.000 penduduk di negara kita.

Salah satu penyebab utama dari penyakit tersebut adalah banyaknya kadar kolesterol dalam darah. Kadar kolesterol yang tinggi tidak hanya diderita oleh lanjut usia, bahkan anak-anak atau remaja pun dapat berpotensi memiliki kadar kolesterol yang tinggi. Hal ini bisa disebabkan karena kurang perhatiannya dalam menjaga keseimbangan antara pola makan dan olahraga. Apalagi kecenderungan dari kebanyakan orang dari beragam usia yang menyukai makanan yang berlemak. Kandungan kolesterol dalam tubuh yang berlebihan merupakan suatu hal yang tidak baik untuk kesehatan, terutama kadar *Low Density Lipoprotein* (LDL). Bila kadar

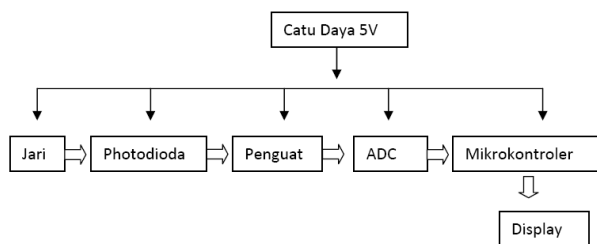
kolesterol dalam darah meningkat kemudian menumpuk pada dinding pembuluh darah, membuat dinding pembuluh darah menjadi sempit, keras, dan kaku sehingga tidak ada lagi sisa ruangan untuk aliran darah, tekanan darah naik yang akan berakibat pada serangan jantung dan pendarahan otak (stroke). Namun dari kebanyakan orang/masyarakat tidak terlalu memperhatikan kadar kolesterol dalam tubuhnya, mungkin saja dikarenakan biaya pengecekan kolesterol terbilang cukup mahal, ditambah lagi untuk mengetahui hasil dari analisa laboratorium membutuhkan waktu yang cukup lama.

Salah satu teknologi yang memungkinkan untuk mengetahui kadar kolesterol darah adalah dengan pemanfaatan sifat serapan sinar/laser terhadap media cair. Konsentrasi suatu cairan akan mempengaruhi perubahan kelistrikan medium. Perubahan kelistrikan tersebut dimanfaatkan untuk membedakan kandungan unsur atau kandungan kimia tertentu dalam darah. Dengan perkembangan teknologi, sangat memungkinkan untuk merealisasikan perangkat *portable* dan *movable* yang mendukung bidang medis yaitu pembuatan alat ukur kadar kolesterol darah. Beberapa penelitian telah memanfaatkan serapan NIR untuk pengembangan deteksi gula darah maupun kolesterol [6-10]. Pada makalah ini akan dilaporkan hasil pembuatan dan pengujian alat ukur kadar kolesterol darah secara *non-invasive* melalui pemanfaatan serapan NIR laser dari sensor oxymeter yang saat ini telah banyak digunakan di rumah sakit hanya untuk mengukur kandungan oksigen darah. Alat yang dibuat berupa alat pengukur kadar kolesterol dalam darah tanpa harus melukai pasien (*non-invasive*) menggunakan mikrokontroler ATmega 8535.

## **METODE PENELITIAN**

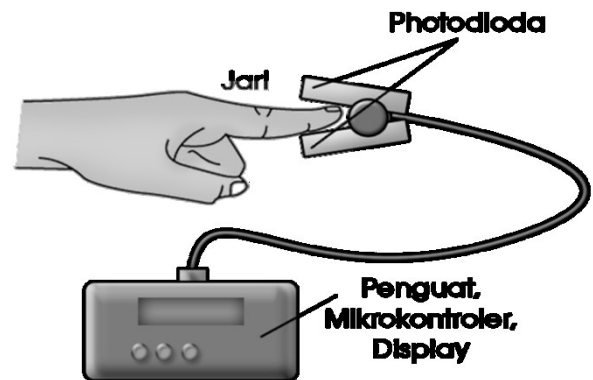
Tahap pertama untuk membuat alat adalah merancang rangkaian driver sensor dan komunikasi serial sensor dengan

mikrokontroler. Hasil eksperimental akan disinkronkan dengan perangkat lunak antar muka perangkat keras optik (LASER) 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 seperti ditunjukkan gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Blok Rancangan Sistem

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/transduser yang digunakan harus bersifat *non-invasive* (tidak melukai bagian tubuh manusia/pasien) maka cara yang digunakan adalah menempelkan sensor/transduser ke permukaan kulit. Untuk menempelkan sensor/transduser 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*). Gambaran realisasi sensor ditunjukkan gambar 2.

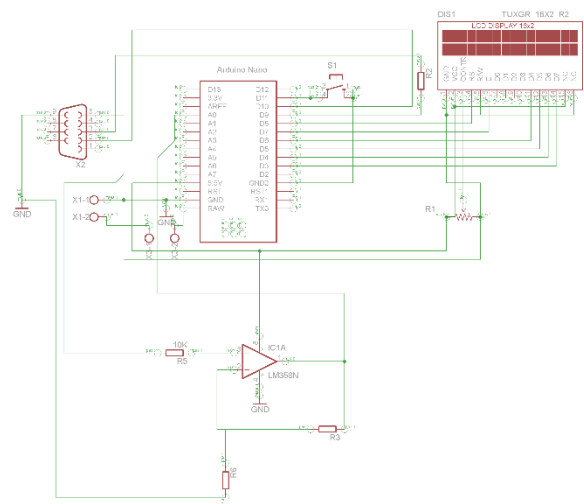


**Gambar 2.** Realisasi Alat

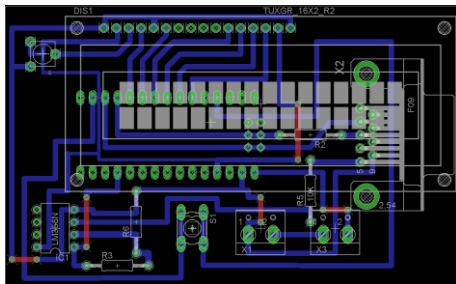
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Desain Rangkaian Elektronika Alat

Pembuatan rangkaian dan rangkaian alat kolesterolmeter dimulai dari tahap perancangan rangkaian komponen-komponen elektronika dan dilanjutkan dengan pembuatan PCB system yang mau dibuat. Desain rangkaian yang dibuat seperti ditunjukkan gambar 3 dan desain tata letak komponen pada PCB seperti ditunjukkan gambar 4. Realisasi alat yang dibuat ditunjukkan gambar 5.



**Gambar 3.** Desain rangkaian elektronika alat yang akan dibuat.



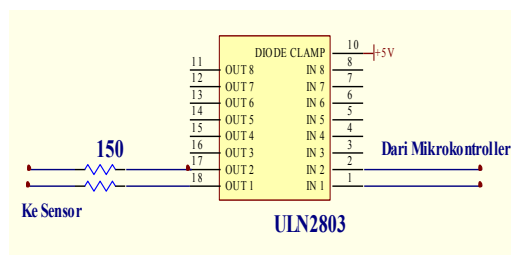
**Gambar 4.** Desain tata letak komponen elektronika alat yang akan dibuat pada PCB.



**Gambar 5.** Realisasi alat yang dibuat.

### Rangkaian Driver Sensor

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 6. 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.



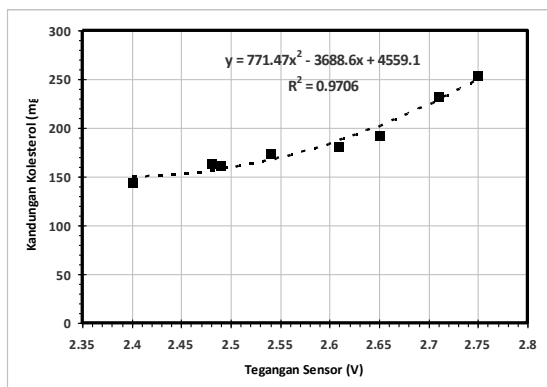
**Gambar 6.** Rangkaian driver sensor.

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 sebesar 11 kali. Cahaya yang sampai ke bagian penerima berbeda-beda hasilnya bergantung tangan dari masing-masing orang. Nilai cahaya yang sampai inilah yang kemudian dikarakterisasi. Pengkarakterisasian dilakukan dengan melakukan plot linier 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 kolesterol.

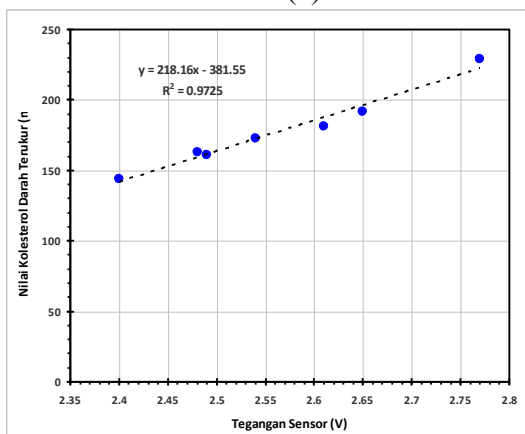
Pengambilan sampel dilakukan pada seorang yang berusia 20-60 tahun sebanyak 44 sampel. Pengambilan sampel dilakukan dengan mengambil sampel darah dari partisipan baik laki-laki maupun perempuan. Dokumentasi pengambilan sampel seperti ditunjukkan gambar 6. Dari hasil pengujian data, selanjutnya diolah dan ditampilkan dalam gambar 7.



**Gambar 6.** Kegiatan pengambilan sampel dan pengujian alat.



(a)



(b)

**Gambar 7.** Data pengujian alat tahap 1 (a) dan tahap 2 (b).

Nilai tegangan keluaran sensor nclcorr belum linear terhadap nilai kolesterol darah terukur, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya pemasangan sensor yang tidak konsisten, adanya kemungkinan cahaya

lain yang masuk selain bersumber dari sensor infrared menyebabkan cahaya yang diterima receiver sensor tidak murni. Kuat lemahnya intensitas cahaya dari LED/infrared yang mengenai receiver sensor akan dikonversi ke besaran tegangan sehingga ketebalan jari juga berpengaruh pada hasil. Hasil uji alat dibuat seperti ditunjukkan gambar 7. Hasil uji tahap pertama dengan partisipan laki-laki dan perempuan menunjukkan pola yang belum linier. Diperoleh hubungan antara tegangan keluaran sensor terhadap nilai riil kolesterol darah terukur dengan persamaan  $Y = 771,47 X^2 - 3688,6 X + 4559,1$ ; dengan koefisien korelasi regresi  $R^2 = 0,9706$ . Hasil persamaan ini akan digunakan dalam penentuan nilai keluaran yang akan ditampilkan pada LCD alat kolesterol meter yang akan dibuat. Selanjutnya dilakukan uji tahap kedua dan menghasilkan hasil yang cukup linier dengan persamaan  $Y = 218,16 X - 381,55$ , dengan  $R^2 = 0,9725$ . Hasil ini menunjukkan tingkat akurasi yang baik hingga 97% namun dari hasil pengujian secara keseluruhan keluaran tegangan sensor dengan nilai kolesterol yang terukur riil masih belum konstan. Hasil ini akan ditingkatkan kinerjanya dengan penambahan penstabil tegangan input catu daya sensor nclcorr.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil dibuat prototype alat pengukur kadar kolesterol darah non invasive dengan akurasi mendekati 97%.
2. Semakin besar tegangan sensor menunjukkan kadar kolesterol darah semakin besar.
3. Alat yang telah dibuat akurat digunakan untuk pengujian kolesterol darah dengan peletakan sensor pada ibu jari dengan syarat kuku pasien tidak ada lapisan kutek/pewarna buatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Werdha, A., Setyawati, V. (2009) *Profil Penyakit Jantung Koroner (PJK) dan Faktor Risiko PJK pada Penduduk Miskin Perkotaan di Jakarta*. Puslitbang Biomedis dan Farmasi, Badan Litbang Kesehatan. <http://www.litbang.depkes.go.id/risbinkes/Buku%20Laporan%20Penelitian%202006/penyakit%20jantung%20koroner.htm> diakses pada hari : Senin, 3 Februari 2014.
- [2] Birtcher, K.K., Greisinger, A.J., Brehm, B.J., Wehmanen, O.A., Furman, L.M., Salinas, C.C., Madjid, M.T., Nayak A., Rashid H., Mortazavi A., (2010) *A secondary prevention lipid clinic reaches low-density lipoprotein cholesterol goals more often than usual cardiology care with coronary heart disease*, *Journal of Clinical Lipidology*, 4(1),: Pages 46-52.
- [3] Pereg, D., Elis A., Neuman, Y., Mosseri, M., Leader A., Segev, D., Catarivas, M.G., Lishner M., Hermoni, D. (2013) *Lipid control in patients with coronary heart disease treated in primary care or cardiology clinics*, *Journal of Clinical Lipidology*, 7(6),: 637-641.
- [4] Siregar, Afif A., Lubis, E.N. (2009) *Penyakit Jantung Koroner pada Anak dan Pencegahannya*. [http://usupress.usu.ac.id/files/Bunga%20Rampai%20Kardiologi\\_Normal\\_bab%201.pdf](http://usupress.usu.ac.id/files/Bunga%20Rampai%20Kardiologi_Normal_bab%201.pdf) diakses pada hari: Senin, 3 Februari 2014.
- [5] WHO (2005) *Cardiovascular disease* [http://www.who.int/cardiovascular\\_diseases/en/2005](http://www.who.int/cardiovascular_diseases/en/2005) diakses pada hari : Senin, 3 Februari 2014.
- [6] Ye Jin, Zengzeng Wu, Xuesong Liu, Yongjiang Wu (2013) *Near infrared spectroscopy in combination with chemometrics as a process analytical technology (PAT) tool for on-line quantitative monitoring of alcohol precipitation*, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 77: 32– 39.
- [7] Schönbrodt, T., Mohl, S., Winter, W., Reich, G. (2006) *NIR spectroscopy: a non-destructive analytical tool for protein quantification within lipid implants*, *Journal of Controlled Release* 114: 261– 267.
- [8] Kang, N., Kasemsumran, S., Woo, Y.A., Kim, H.J., Ozaki, Y. (2006) *Optimization of informative spectral regions for the quantification of cholesterol, glucose and urea in control serum solutions using searching combination moving window partial least squares regression method with near infrared spectroscopy*, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 82: 90 – 96.
- [9] Christensen, D., Alleso, M., Rosenkrands, I., Rantanen, J., Foged, C., Agger, E.M., Andersen, P., Nielsen, H.M. (2008) *NIR transmission spectroscopy for rapid determination of lipid and lyoprotector content in liposomal vaccine adjuvant system CAF01*, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* 70: 914–920.
- [10] Hofmann, G.O., Marticke, J., Grossstück, R., Hoffmann, M., Lange, M., Plettenberg, H.K.W., Braunschweig, R., Schilling, O., Kaden, I., Spahn, G. (2010) *Detection and evaluation of initial cartilage pathology in man: A comparison between MRT, arthroscopy and near-infrared spectroscopy (NIR) in their relation to initial knee pain*, *Pathophysiology*, 17(1): 1-8.