

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kolesterol ($C_{27}H_{46}O$) adalah lemak yang diproduksi oleh tubuh, dan juga berasal dari makanan hewani. Kolesterol membantu tubuh memproduksi vitamin D, sejumlah hormon, dan asam empedu untuk mencerna lemak. Dalam kadar yang sesuai, kolesterol dapat dibutuhkan oleh tubuh dalam membantu membangun sel-sel baru agar tubuh bisa tetap berfungsi secara normal. Namun, jika kadar kolesterol terlalu tinggi, maka hal tersebut dapat berbahaya bagi tubuh karena akan menyebabkan berbagai penyakit dan komplikasi (Karwiti et al., 2022).

Kadar kolesterol dalam darah pada umumnya memiliki batas normal. Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia mengacu pada *National Cholesterol Education Program - Adult Treatment Panel III* (NCEP-ATP III), nilai standar kadar kolesterol normal dalam darah sejumlah < 200 mg/dl, kadar kolesterol berisiko sedang antara 200-240 mg/dl dan kadar kolesterol berisiko tinggi bernilai > 240 mg/dl. (U. Umar et al., 2020; U. Umar et al., 2022; Shofani et al., 2021). Jika kadar kolesterol dalam darah melampaui kadar normal, maka kondisi ini disebut sebagai hiperkolesterolemia atau kolesterol tinggi (Karwiti et al., 2022).

Hiperkolesterolemia merupakan salah satu gangguan metabolisme lipid yang ditandai dengan peningkatan kadar kolesterol total darah. Saat ini prevalensi hiperkolesterolemia masih tinggi. Prevalensi hiperkolesterolemia di dunia sekitar 45%, di Asia Tenggara sekitar 30% dan di Indonesia 35% (Kemenkes RI, 2017; WHO, 2019). Saat ini hiperkolesterolemia masih menjadi masalah kesehatan. Peningkatan kadar kolesterol diperkirakan menyebabkan 2,6 juta kematian dan 29,7 juta kecacatan per tahun (Subandrate et al., 2020).

Hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) menemukan secara umum penduduk Indonesia memiliki kadar kolesterol yang abnormal. Ditinjau dari sisi geografis, persebaran penyakit ini pada penduduk di daerah perkotaan lebih tinggi dibandingkan di pedesaan. Prevalensi hiperkolesterolemia Indonesia pada kelompok usia 25-34 tahun adalah 9,3% dan meningkat sesuai dengan pertambahan

usia hingga 15,5% pada kelompok usia 55-64 tahun (Kemenkes RI, 2014). Hiperkolesterolemia umumnya lebih banyak ditemukan pada wanita 14,5% dibandingkan pria 8,6% (Lainsamputty & Gerungan, 2022).

Meskipun demikian, kolesterol juga memiliki fungsi yang berguna bagi tubuh, tetapi dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan efek samping penyakit (Shofani et al., 2021). Efek samping yang terjadi akibat hiperkolesterolemia di antaranya akan menimbulkan penyakit kardiovaskular. Penyakit kardiovaskular berhubungan dengan kadar kolesterol abnormal, yang terdiri dari tingginya kadar kolesterol total serum (TC), tingginya kadar kolesterol *low-density lipoprotein* (LDL-C), dan rendahnya kadar kolesterol *high-density lipoprotein* (HDL-C).

Protein berlebihan yang dibawa oleh kolesterol dan trigliserida atau *low-density lipoprotein* (LDL) yang mengalir dalam plasma darah dapat menyebabkan terbentuknya plak di pembuluh darah arteri dan pengerasan dinding pembuluh darah (aterosklerosis). Penyakit kardiovaskular akibat aterosklerosis dinding pembuluh darah dan trombosis merupakan penyebab utama kematian di dunia (Fitri & Maisoha, 2020). Kematian akibat penyakit kardiovaskular sekitar 34% pada usia 70 tahun dan diperkirakan 11,9% atau 28,5 juta orang dewasa berusia 20 tahun ke atas memiliki tingkat TC yang abnormal (Nantsupawat et al., 2019). Contoh penyakit kardiovaskular yaitu stroke, serangan jantung (Devakumar et al., 2019), pembuluh darah, serta menimbulkan penyakit Diabetes Melitus (U. Umar et al., 2022).

Menurut data IDF, pada tahun 2017 terdapat 451 juta penderita diabetes dan diperkirakan akan meningkat menjadi 693 juta pada tahun 2045 (U. Umar et al., 2022). Pada tahun 2015, Diabetes Melitus ditemukan menjadi penyebab utama kematian secara global dan berkontribusi terhadap 5 juta kematian di seluruh dunia setiap tahunnya. Data pada World Health Statistic menunjukkan bahwa 17,1 juta orang meninggal dunia akibat penyakit jantung koroner dan diperkirakan akan mengalami peningkatan terus hingga 2030 menjadi 23,4 juta kematian di dunia, 80% kematian disebabkan oleh serangan jantung dan stroke, dan lebih dari 75% terjadi di negara-negara berpendapatan rendah dan menengah. Data Riskesdas 2013 menunjukkan bahwa prevalensi penyakit jantung koroner di Indonesia sebesar 1,5%

dimana jumlahnya meningkat seiring dengan bertambahnya umur. Untuk mencegah seluruh penyakit kardiovaskular akibat kadar kolesterol yang tinggi, maka perlu dilakukan pemeriksaan kolesterol secara rutin (U. Umar et al., 2020).

Umumnya, pemeriksaan kadar kolesterol darah dilakukan secara invasif dengan menggunakan test strip alat *check* darah *portable easy touch*. Darah yang diambil dari tubuh diletakkan pada strip lalu selanjutnya alat akan mengukur kadar kolesterol dalam beberapa detik dan hasil pengukuran akan terlihat pada layar alat pengukur (Fitri & Maisoha, 2020). Meskipun lebih akurat, pengukuran kadar kolesterol darah secara invasif dapat memiliki beberapa kekurangan, diantaranya dapat menimbulkan fobia atau ketakutan pada beberapa orang, dapat menimbulkan nyeri pada bagian tubuh yang ditusuk jarum suntik untuk mendapatkan sampel darah, cukup lamanya hasil dari analisa laboratorium, cukup mahal biaya pengecekan karna disebabkan oleh harga tes strip kolesterol yang tergolong cukup mahal (Labib et al., 2022) serta dapat menimbulkan risiko hematoma atau memar serta risiko terjadinya infeksi terutama jika dilakukan setiap hari (Hidayati et al., 2020). Untuk itu, beberapa dekade terakhir banyak dikembangkan metode baru pengukuran kadar kolesterol darah secara non-invasif yaitu dengan metode elektromagnetik (RF), ultrasonografi dan *near-infrared spectroscopy* (NIRS) (Manfredini & Lamberti, 2011; Naqvi & Lee, 2012; Zhong et al., 2010).

Pengukuran menggunakan metode elektromagnetik (RF) dan ultrasonografi dianggap tidak memadai untuk dijadikan sebagai alat *monitoring* karena memiliki batasan dalam hal resolusi dan sensitivitas nya dalam mendeteksi dan mengukur kadar kolesterol. Metode elektromagnetik (RF) dan ultrasonografi juga umumnya memerlukan perangkat khusus yang relatif besar dan kompleks, serta mungkin memerlukan pelatihan khusus untuk mengoperasikan dan menganalisis data dari perangkat terkait (Gullet et al., 2018). Dibandingkan dengan dua metode sebelumnya, metode *near-infrared spectroscopy* (NIRS) memiliki keunggulan dalam pengoperasian yaitu lebih cepat, lebih mudah, lebih fleksibel dan dapat dilakukan dengan menggunakan alat yang lebih sederhana dan portabel (Zhong et al., 2010).

Near-infrared spectroscopy (NIRS) sendiri merupakan metode optik yang banyak diteliti untuk perancangan alat ukur kolesterol darah. Alat ukur kolesterol darah merupakan alat *screening* karena dapat digunakan untuk memeriksa dan mengidentifikasi individu yang memiliki kadar kolesterol tinggi atau berpotensi mengalami masalah kesehatan terkait kolesterol. Dalam proses *screening*, alat kadar kolesterol dapat memberikan informasi awal yang cepat dan efisien tentang tingkat kolesterol dalam darah seseorang.

Seiring meningkatnya penderita hiperkolesterolemia (kolesterol tinggi), terjadi juga peningkatan akan kebutuhan alat *monitoring* kesehatan terpadu yang dapat digunakan masyarakat dengan mudah, akurat, dan murah, maka akan lebih bagus jika alat tersebut bisa digunakan untuk perangkat pemantauan kesehatan mandiri. Namun demikian, alat *monitoring* kolesterol darah non-invasif masih belum tersedia secara komersial (Jain et al., 2021).

Maka dari itu, salah satu teknologi yang memungkinkan untuk *monitoring* kadar kolesterol darah adalah dengan memanfaatkan teknologi serapan sinar/laser terhadap media cair. Konsentrasi cairan (darah) akan mempengaruhi perubahan kelistrikan medium yang dapat dimanfaatkan untuk membedakan kandungan unsur atau kandungan kimia tertentu dalam darah dan salah satunya yaitu dengan menggunakan metode *near-infrared spectroscopy* (NIRS) (Marhaendrajaya et al., 2017).

Beberapa penelitian telah menggunakan serapan *near-infrared* (NIR) untuk mengembangkan perangkat deteksi kadar kolesterol. Beberapa penelitian terkait yang telah banyak dilakukan dan dijadikan rujukan dalam penelitian ini, antara lain penelitian yang dilakukan oleh Yusoff, dkk (2015), dalam penelitiannya menggunakan arduino dan berfokus pada metode pengukuran kolesterol yang sederhana dan non-invasif menggunakan serapan NIR dengan panjang gelombang dalam rentang 700nm – 1400nm pada spektrum elektromagnetik dan didapatkan hasil toleransinya yaitu 0 – 0,3%. Mendapat kesimpulan bahwa instrumen yang dikembangkan akurat dan andal dalam mengukur kolesterol secara non-invasif.

Indras Marhaendrajaya (2017), menyimpulkan bahwa kolesterol dalam darah dapat dilakukan secara non invasif melalui pemanfaatan serapan NIR laser dari

sensor oxymeter dengan hasil akurasi yang di dapat mendekati 97% dan menyatakan bahwa semakin besar tegangan sensor maka akan menunjukkan kadar kolesterol dalam darah semakin besar.

Eka Yuli Fitri dan Karina Maisoha (2020), melaporkan bahwa kolesterol dalam darah dapat dilakukan secara non invasif melalui pemanfaatan serapan NIR laser dari sensor pulse oxymeter buatan nellcor secara real time dengan hasil akurasi pada alat dalam waktu sebesar 82,28% dan nilai error sebesar 17,72% dengan waktu 30 detik dalam mendeteksi kadar kolesterol darah lebih efisien 5x dibanding alat invasif.

Muhammad Labib, dkk (2022), menyimpulkan bahwa kolesterol dalam darah dapat dilakukan secara non invasif melalui pemanfaatan serapan NIR laser dari sensor TCRT5000 dengan sumber daya power bank berbasis arduino uno dengan hasil akurasi pada alat sebesar 97,02%, yang menunjukkan bahwa alat ukur yang telah dikembangkan dapat digunakan sebagai alat ukur medis karena memiliki akurasi sebesar 95%.

Noeris Yuniar (2023), melakukan penelitian deteksi kadar kolesterol dalam darah dengan teknik non invasive berbasis Mikrokontroler Wemos D1 R1 menggunakan Sensor Oximeter DS100A. Alat yang telah dirancang mampu mendeteksi kadar kolesterol dalam rentang 150-240 mg/dl. Hasil pengujian presisi alat sebesar 98,85% dengan error 1,15%, sedangkan pengujian akurasi didapatkan nilai sebesar 97,14% dengan nilai error sebesar 2,84%.

Berdasarkan hasil dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi serta tingginya kebutuhan pasar terkait alat *monitoring* kesehatan khususnya dalam pemantauan kadar kolesterol darah, masih diperlukan penelitian untuk mengembangkan alat ukur kolesterol darah non-invasif yang bersifat portabel sehingga dapat digunakan untuk perangkat pemantauan kesehatan mandiri. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dirancang alat ukur kolesterol darah non-invasif yang berfungsi untuk *monitoring* kadar kolesterol darah dengan memanfaatkan metode transmitansi *near-infrared* untuk prototipe anjungan tes kesehatan mandiri (ATKM).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang prototipe alat ukur kadar kolesterol darah dengan metode transmitansi *near-infrared*.
2. Bagaimana hasil perbandingan pengukuran prototipe alat ukur kadar kolesterol dan kesesuaiannya dengan alat pembanding konvensional.
3. Bagaimana cara mengidentifikasi tingkat kesalahan rata-rata, akurasi, dan nilai penyimpangan rata-rata dari sistem pengukur kadar kolesterol darah.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang prototipe alat ukur kadar kolesterol darah dengan metode transmitansi *near-infrared*.
2. Membandingkan hasil pengukuran prototipe alat ukur kadar kolesterol dan kesesuaiannya dengan alat pembanding konvensional.
3. Mengidentifikasi tingkat kesalahan rata-rata, akurasi, dan nilai penyimpangan rata-rata dari sistem pengukur kadar kolesterol darah.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dihasilkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terciptanya prototipe alat ukur kadar kolesterol darah non-invasif berbasis metode transmitansi *near-infrared* untuk mengukur kadar kolesterol darah secara kontinu dan mudah digunakan oleh masyarakat.
2. Sebagai referensi bagi peneliti lain terkait pengembangan alat pengukuran kadar kolesterol darah non-invasif.