

Perancangan dan Implementasi Alat Pendeteksi Dini Penyakit Jantung Koroner

Budi Nur Iman, Raay Rafikasitha, dan Kemalasar
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Kampus PENS, Jalan Raya ITS, Sukolilo, Surabaya 60111
e-mail: alfaruqi@pens.ac.id

Abstrak—Penyakit jantung koroner merupakan penyebab kematian tertinggi di Indonesia setelah stroke dengan persentase sebesar 12,9%. Penyakit jantung koroner terjadi akibat penumpukan plak yang disebabkan oleh tingginya kadar kolesterol serta meningkatnya tekanan darah dalam jangka panjang. Dibutuhkan sistem yang dapat memantau kesehatan jantung secara berkala. Pada penelitian ini menyajikan sistem yang mampu melakukan deteksi dini penyakit jantung koroner yang terdiri dari kategori risiko rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan tiga parameter yaitu kolesterol, tekanan darah, dan detak jantung. Pengukuran kolesterol dilakukan secara *non-invasif* menggunakan LED sebagai *transmitter* dan photodiode sebagai *receiver*. Pengukuran tekanan darah menggunakan sensor MPX5100DP dengan metode osilometri, dan pengukuran detak jantung menggunakan sensor MAX30102. Data dari sensor dan informasi tambahan berupa jenis kelamin, usia, dan status perokok akan diolah dengan metode *K-Nearest Neighbor* untuk mengetahui hasil klasifikasi penyakit jantung koroner. Dari keseluruhan pengukuran, akurasi rata-rata untuk pengukuran kolesterol adalah 97,9%, pengukuran tekanan darah sistolik adalah 96,3%, tekanan darah diastolik 92,7%, dan pengukuran detak jantung adalah 98,8%. Klasifikasi penyakit jantung koroner pada 15 responden menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* memiliki perbedaan sekitar 20% dengan perhitungan menggunakan tabel *Framingham Risk Score* yang dilakukan oleh dokter.

Kata kunci: *penyakit jantung koroner, k-nearest neighbor, kolesterol, tekanan darah, detak jantung*

Abstract—Coronary heart disease is the highest cause of death in Indonesia after stroke, with a percentage of 12.9%. Coronary heart disease occurs due to plaque buildup caused by high cholesterol and increased blood pressure in the long term. A system that can monitor heart conditions regularly. This study presents a system capable of early detection of coronary heart disease consisting of low, medium, and high-risk categories based on three parameters, cholesterol, blood pressure, and heart rate. Cholesterol measurements were carried out *non-invasively* using an LED as a transmitter and a photodiode as a receiver. Blood pressure measurement using the MPX5100DP sensor with the oscillometric method and heart rate measurement using the MAX30102 sensor. Data from sensors and additional information such as gender, age, and smoking status will be processed using the *K-Nearest Neighbor* method to find out the results of coronary heart disease classification. From all measurements, the average accuracy of cholesterol is 97.9%, systolic blood pressure is 96.3%, diastolic blood pressure is 92.7%, and heart rate is 98.8%. The classification of coronary heart disease in 15 respondents using the *K-Nearest Neighbor* method has a difference of about 20% with calculations using the *Framingham Risk Score* table performed by doctors.

Keywords: *coronary heart disease, k-nearest neighbor, cholesterol, blood pressure, heart rate*

I. PENDAHULUAN

Penyakit jantung koroner merupakan penyebab kematian tertinggi di Indonesia setelah stroke pada berbagai kelompok usia dengan persentase sebesar 12,9% berdasarkan survei yang dilakukan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 2014. Secara global pada tahun 2012 *World Health Organization* (WHO) menyatakan bahwa 17,5 juta kematian di dunia disebabkan oleh penyakit jantung koroner atau sekitar 31% dari 56,5 juta kematian diseluruh dunia. Kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung koroner banyak terjadi di negara berkembang hingga mencapai persentase lebih dari 75% [1].

Dari data yang telah dipaparkan menunjukkan kurangnya perhatian masyarakat terhadap kesehatan dalam hal ini adalah kesehatan jantung. Penyakit jantung koroner terjadi akibat penumpukan plak yang disebabkan oleh tingginya kadar kolesterol dalam darah serta meningkatnya tekanan darah dalam jangka panjang. Hal ini mengakibatkan terjadinya penyempitan pembuluh darah dan membatasi aliran darah ke jantung [2]. Detak jantung dapat digunakan sebagai indikasi penting untuk menentukan kondisi kesehatan jantung seseorang. Tingginya nilai detak jantung menunjukkan kerja jantung semakin berat. Jika terjadi dalam waktu yang lama akan menurunkan produktivitas kerja jantung [3].

Banyak penelitian yang mengatakan bahwa peningkatan

kadar kolesterol total dan tekanan darah menjadi penyebab terjangkitnya penyakit jantung koroner [4]. Kadar kolesterol total yang baik adalah kurang dari 200mg/dl [5]. Sedangkan nilai tekanan darah pada kategori normal menurut *American Heart Association* adalah kurang dari 120/80mmHg [6]. Kecepatan detak jantung orang dewasa normalnya berkisar antara 60-100bpm [3]. Saat ini pengecekan kadar kolesterol masih menggunakan teknik invasif yang memerlukan jarum suntik untuk mengambil sampel darah. Hal ini menyebabkan beberapa orang enggan untuk melakukannya karena cukup menyakitkan dan menyebabkan fobia. Tekanan darah digunakan sebagai parameter penting untuk mendiagnosa suatu penyakit. Berkembangnya waktu memungkinkan dibuatnya tensimeter digital yang dapat mengukur tekanan darah secara otomatis dan menampilkan hasilnya dalam bentuk angka bulat. Sehingga dapat digunakan secara mudah oleh masyarakat awam.

Pada penelitian sebelumnya telah dibuat alat ukur kadar kolesterol secara non-invasif menggunakan sensor DS-100A yang mampu menghasilkan perubahan tegangan terhadap kadar kolesterol pada darah [7]. Selain itu terdapat pula penelitian deteksi kadar kolesterol total menggunakan IR LED dengan panjang gelombang 940nm sebagai *transmitter* dan *photodiode* sebagai detektor dengan panjang gelombang antara 400nm hingga 1100nm dengan output tegangan yang akan dikonversi ke dalam nilai kadar kolesterol [4]. Pada perkembangannya memungkinkan dibuat sebuah alat ukur tekanan darah secara otomatis dengan menggunakan sensor tekanan MPX5050GP dengan menggunakan metode osilometri [8].

Pada penelitian sebelumnya, sistem dirancang untuk melakukan satu jenis pengukuran, namun pada penelitian ini akan dikembangkan sistem baru yang dapat mendeteksi penyakit jantung koroner secara dini. Sistem dikembangkan dengan menambahkan metode K-Nearest Neighbor yang menggabungkan pengukuran kolesterol, tekanan darah, dan detak jantung dan mengklasifikasikannya di kategori risiko rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan kedekatan jarak data *training* dengan data uji. Sehingga dengan sistem ini memudahkan pengguna melakukan pemantauan kondisi kesehatan jantung secara mudah dan berkala.

Terdapat beberapa faktor risiko yang mempengaruhi terjangkitnya penyakit jantung koroner. Menurut penelitian *Framingham Risk Score* mempertimbangkan enam faktor risiko termasuk usia, jenis kelamin, kolesterol total, kolesterol HDL, kebiasaan merokok, dan tekanan darah sistolik [9]. Berdasarkan studi epidemiologi menunjukkan hubungan yang erat antara merokok dengan penyakit jantung koroner [10].

Pengukuran kadar kolesterol menggunakan LED dan *photodiode*. LED berfungsi sebagai *transmitter* atau pemancar cahaya, sedangkan *photodiode* berfungsi sebagai *receiver* atau penerima cahaya [4]. Cahaya yang diterima oleh *photodiode* diterima oleh mikrokontroler berupa nilai ADC. Sehingga digunakan persamaan regresi linier antara nilai ADC dengan pengukuran kolesterol menggunakan

alat ukur kolesterol secara invasif menggunakan *strip*. Pengukuran detak jantung dapat dilakukan dengan menggunakan sensor MAX30102. Sensor MAX30102 terdiri atas LED *infrared* sebagai *transmitter* dan *photodiode* sebagai *receiver*. Pada pengukuran tekanan darah menerapkan metode osilometri. Pada penelitian ini menggunakan sensor MPX5100DP. Ketika manset dipompa hingga mencapai tegangan maksimal maka akan berangsur mengempis dan didapatkan sinyal osilasi untuk menentukan nilai tekanan darah sistolik dan tekanan darah diastolik. Untuk mendapatkan hasil klasifikasi penyakit jantung koroner, perlu ditambahkan beberapa variabel meliputi jenis kelamin, usia, dan status perokok. Selanjutnya dilakukan proses deteksi penyakit jantung koroner dengan menggunakan metode K-Nearest Neighbor. Hasil pengukuran dan klasifikasi akan ditampilkan pada LCD.

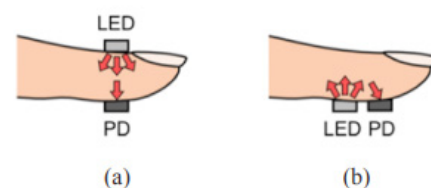
II. STUDI PUSTAKA

A. Photoplethysmography

Photoplethysmography (PPG) adalah teknik optik sederhana dan murah yang dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan volume darah di jaringan mikrovaskular [11]. Cahaya yang dipancarkan pada jaringan tubuh dapat diserap oleh substansi yang berbeda misalnya pigmen kulit, tulang, darah arteri dan vena. Perubahan aliran darah paling banyak terdapat pada arteri dan arterioles [12]. Teknik ini sering digunakan secara non-invasif untuk melakukan pengukuran pada permukaan kulit karena tingkat akurasi yang cukup baik. *Photoplethysmography* menggunakan klip yang berisi pemancar cahaya dan detektor di sisi yang berlawanan untuk mendeteksi gelombang nadi kardiovaskular yang menyebar ke seluruh tubuh. Pengukuran PPG terbagi menjadi dua jenis yaitu secara *reflectance* dan *transmittance* seperti diperlihatkan pada Gambar 1 [13].

B. Metode Osilometri

Prinsip kerja metode osilometri adalah detak dari intra arteri ditransmisikan oleh manset ke sensor tekanan. Nilai dari tekanan darah sistolik dan diastolik akan dihitung dari maksimum amplitudo osilasi tekanan dengan menggunakan algoritma empiris. Kurva osilasi memiliki karakter yang khas. Saat aliran darah terputus sementara dan kemudian mengalir lagi getaran yang muncul akan semakin kuat lalu akan berkurang seiring dengan aliran darah yang berjalan normal kembali [14]. Pemberian tekanan pada manset *cuff*



Gambar 1. Mode PPG (a) transmittance (b) reflectance

akan mengakibatkan adanya deformasi membran yang menghasilkan output tegangan. Ketika manset *cuff* telah dipompa hingga mencapai tegangan maksimum maka akan berangsur mengempis dan didapatkan sinyal osilasi untuk menentukan nilai tekanan darah sistolik dan tekanan darah diastolik [8].

C. Metode K-Nearest Neighbor

Metode K-Nearest Neighbor merupakan sebuah metode klasifikasi terhadap sekumpulan data berdasarkan pembelajaran data yang sudah terklarifikasi sebelumnya [15]. K-Nearest Neighbor termasuk dalam *supervised learning* yang didefinisikan sebagai proses klasifikasi objek yang belum diketahui kelasnya dan mencari objek terdekat yang memiliki kesamaan kelas. Jumlah objek terdekat ditentukan dengan nilai K. Nilai K tidak boleh bernilai satu dan harus bilangan ganjil [16]. Untuk mencari jarak terdekat menggunakan rumus *Euclidean distance* berikut:

$$D_i = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (1)$$

Keterangan:

- D_i : jarak variabel ke- i
- I : variabel data ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)
- n : dimensi data
- p_i : data *testing*
- q_i : data *training*

D. Metode Regresi Linier

Regresi linier merupakan suatu model persamaan

yang menggambarkan hubungan satu variabel bebas atau *predictor* (x) dengan variabel tak bebas atau *response* (Y), yang digambarkan dalam garis lurus. Analisa regresi digunakan untuk memprediksi suatu permasalahan.

Persamaan regresi linier sederhana secara matematik sebagai berikut:

$$Y = bx + a \quad (2)$$

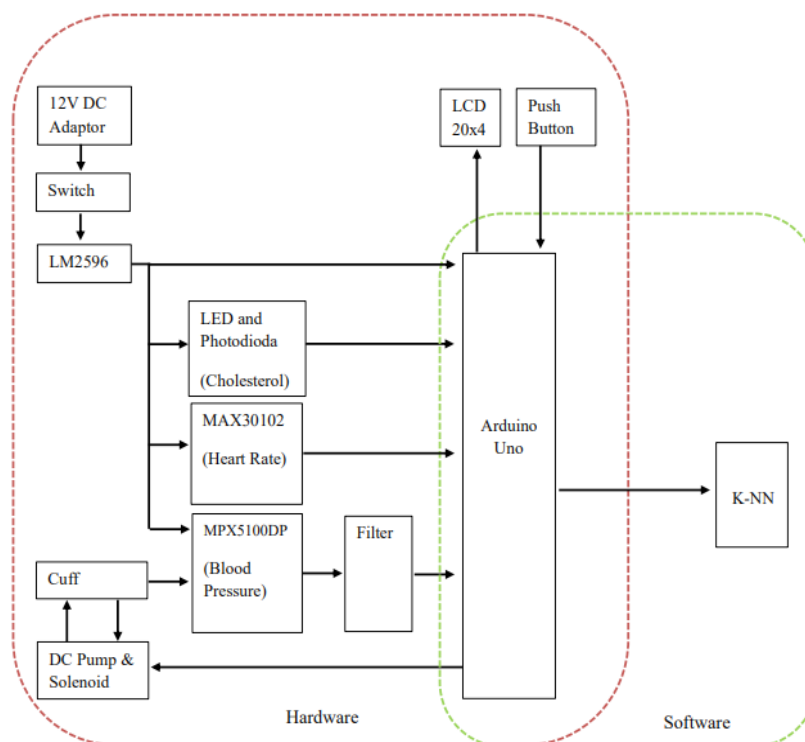
Pada persamaan regresi linier terdapat koefisien determinasi dan yang berguna untuk menunjukkan pengaruh variabel bebas (x) terhadap variabel tak bebas (y). Nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 hingga 1. Semakin mendekati 1 maka variabel bebas (x) memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variabel tak bebas (y) [17].

III. METODE

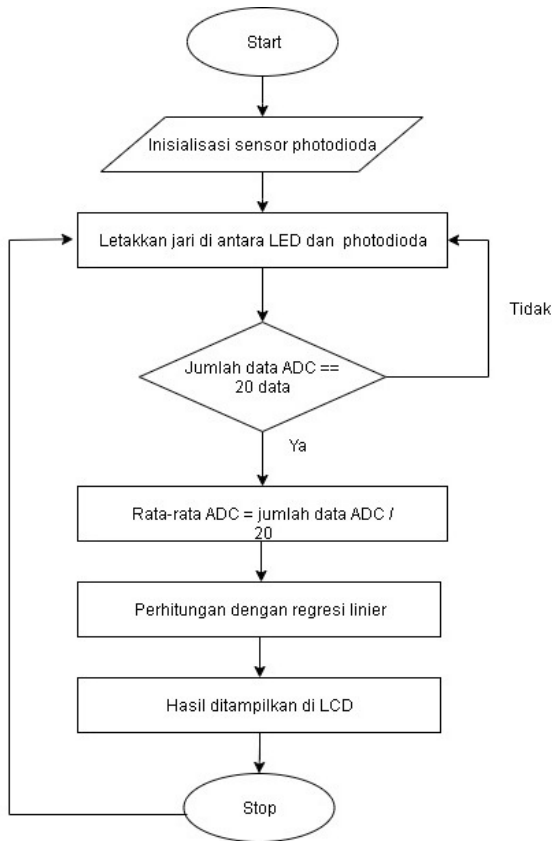
Perancangan dan pembuatan sistem pada penelitian ini meliputi perancangan dan pembuatan *hardware* serta *software*. Gambar 2 menjelaskan mengenai desain sistem yang dirancang. Pada penelitian ini terdapat tiga pengukuran yaitu pengukuran kadar kolesterol, detak jantung, dan tekanan darah.

Perancangan alat ukur kadar kolesterol darah secara non-invasif menerapkan teknik *Photoplethysmography* (PPG) menggunakan sensor *photodiode* dan LED. LED merah sebagai *transmitter* yang memancarkan cahaya dan *photodiode* akan menerima intensitas cahaya yang melewati kulit.

Berdasarkan Gambar 3, data yang terbaca oleh *photodiode* berupa nilai ADC yang diperoleh dari rata-rata 20 nilai ADC yang diterima oleh mikrokontroler.



Gambar 2. Diagram sistem

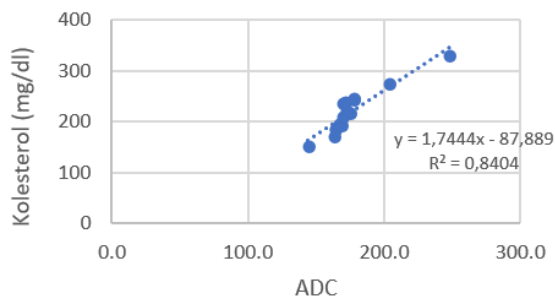


Gambar 3. Flowchart sistem pengukuran kolesterol

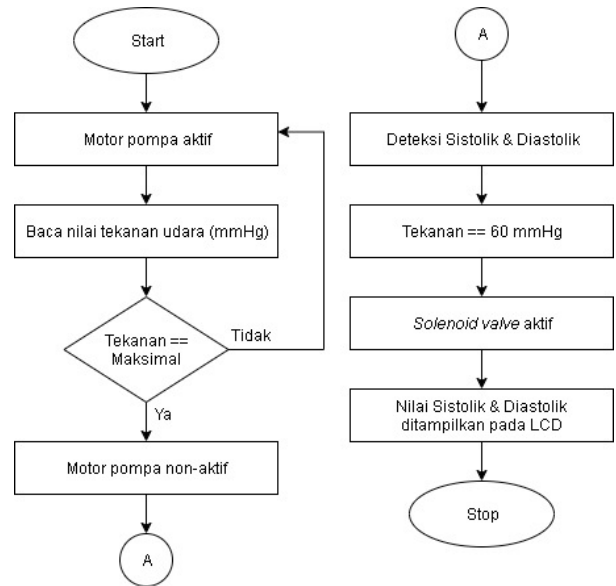
Untuk memperoleh nilai kadar kolesterol diperlukan kalibrasi dengan persamaan regresi linier antara nilai ADC dengan pengukuran kolesterol menggunakan strip untuk mendapatkan persamaan konversi ADC menjadi nilai kolesterol. Pengukuran dilakukan pada 20 responden dan diperoleh persamaan regresi linier seperti pada Gambar 4.

Selain itu dibuat alat ukur tekanan darah menggunakan metode osilometri dengan sensor MPX5100DP. Prinsip kerja pengukuran tekanan darah menggunakan metode osilometri seperti pada Gambar 5. Manset dipasang pada lengan tangan dan dipompa hingga mencapai tekanan maksimum yaitu 180mmHg. Selanjutnya manset akan mengempis karena udara didalamnya akan dikeluarkan oleh solenoid dan didapatkan sinyal osilometri yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai dari tekanan darah sistolik dan tekanan darah diastolik. Output dari sensor MPX5100DP selanjutnya diolah dengan rangkaian *filter* untuk mendeteksi bunyi korotkoff yang sangat kecil.

Pengukuran detak jantung menggunakan sensor



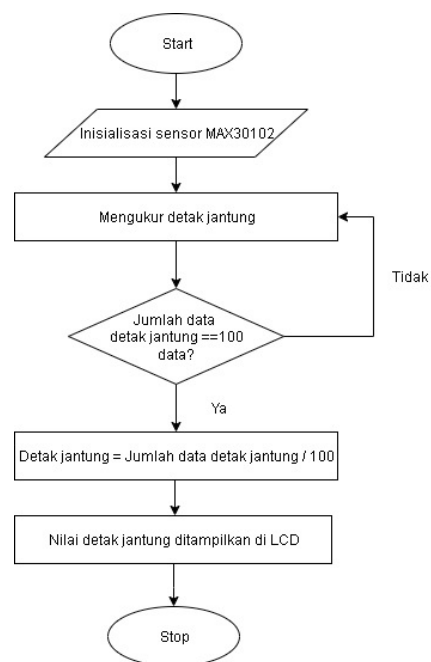
Gambar 4. Korelasi nilai ADC terhadap kadar kolesterol



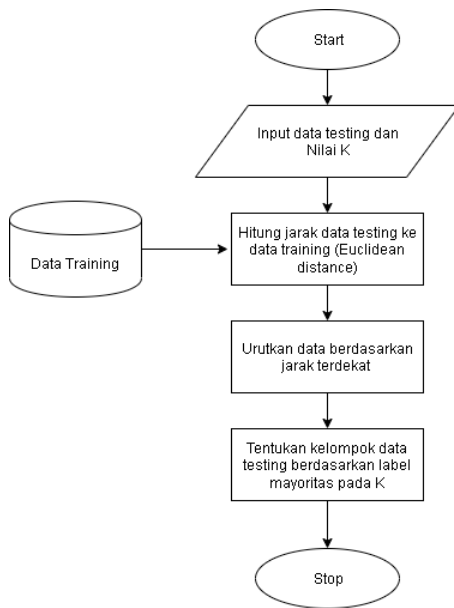
Gambar 5. Flowchart sistem pengukuran tekanan darah

MAX30102. Pengukuran detak jantung dilakukan dengan mencari rata-rata 100 nilai detak jantung yang dihasilkan oleh sensor seperti pada Gambar 6. Hal ini bertujuan agar pembacaan data detak jantung lebih stabil.

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari pengukuran di atas meliputi nilai kolesterol total, tekanan darah sistolik, detak jantung, serta diperlukan beberapa variabel tambahan seperti jenis kelamin, usia, dan status perokok akan digunakan untuk mendeteksi terjangkitnya penyakit jantung koroner dengan menggunakan metode K-Nearest Neighbor. *Flowchart* metode K-Nearest Neighbor seperti pada Gambar 7. Data yang diperoleh akan dibandingkan dengan data *training* penyakit jantung koroner yang didapatkan disimpan dalam susunan *array* untuk mencari jarak terdekat antara data *training* dengan data *input* menggunakan persamaan *Euclidean distance*.



Gambar 6. Flowchart sistem pengukuran detak jantung



Gambar 7. Flowchart metode K-Nearest Neighbor

Hasil perhitungan jarak akan diurutkan berdasarkan jarak terdekat ke jarak terjauh dan diambil urutan jarak terdekat sejumlah nilai K yang diinputkan. Proses klasifikasi diperoleh dari mayoritas data dalam batasan kelompok nilai K. Hasil pengukuran dan klasifikasi yang menunjukkan prediksi terdeteksi penyakit jantung koroner akan ditampilkan pada LCD.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini akan dilakukan empat pengujian sistem. Pengujian yang pertama pada sistem pengukuran kolesterol secara non-invasif. Pengujian yang kedua pada sistem pengukuran tekanan darah menggunakan sensor MPX5100DP. Pengujian yang ketiga pada sistem pengukuran detak jantung menggunakan sensor MAX30102, dan pengujian yang keempat adalah pengujian sistem secara keseluruhan dengan menggunakan metode K-Nearest Neighbor.

A. Pengujian Sistem Pengukuran Kolesterol Non-Invasif

Metode regresi linier digunakan untuk mendapatkan nilai kolesterol. Persamaan regresi linier yang diperoleh sebagai berikut:

$$y = 1,7444x - 87,889 \tag{3}$$

Keterangan:

x : nilai ADC (bit)

y : nilai kolesterol (mg/dl)

Persamaan(3) akan dimasukkan ke dalam program mikrokontroler untuk mendapatkan nilai kolesterol. Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai kolesterol menggunakan *prototype* yang telah dirancang sebanyak tiga kali kemudian dibandingkan dengan alat ukur menggunakan *strip* kolesterol untuk mencari nilai akurasi

Tabel 1. Pengujian sistem pengukuran kadar kolesterol

No.	Uji 1 (mg/dl)	Uji 2 (mg/dl)	Uji 3 (mg/dl)	Rata Uji (mg/dl)	Strip (mg/dl)	Akurasi (%)
1	167,5	142,8	142,6	151,0	143	94,4
2	161,6	162,8	145,0	156,5	149	95,0
3	166,4	170,2	165,3	167,3	164	98,0
4	178,0	171,1	176,6	175,2	171	97,5
5	170,5	172,4	179,9	174,3	175	99,6
6	188,7	188,7	180,7	186,0	185	99,4
7	222,1	209,3	216,1	215,8	215	99,6
8	208,9	210,3	216,5	211,9	217	97,6
9	230,8	242,6	241,4	238,3	236	99,0
10	267,0	259,6	258,9	261,8	264	99,2
Rata-Rata Akurasi						97,9

dari proses pengukuran.

Hasil pengujian sistem pengukuran kadar kolesterol ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada 10 responden didapatkan rata-rata akurasi sebesar 97,9%. Perhitungan akurasi menggunakan persamaan (4)(5).

$$Error = \left[\left(\frac{hasil\ ukur\ sensor - hasil\ strip}{hasil\ strip} \right) \times 100\% \right] \tag{4}$$

$$Akurasi = 100\% - error \tag{5}$$

B. Pengujian Sistem Pengukuran Detak Jantung

Untuk mengetahui kinerja dari sensor MAX30102, dilakukan perbandingan menggunakan *pulse* oximeter dengan ketentuan telunjuk kiri diletakkan pada permukaan MAX30102 dan *pulse* oximeter dipasangkan pada jari telunjuk kanan 3cm di atas siku. Saat proses pengukuran berlangsung posisi tubuh dalam keadaan tenang, tegak, serta kaki menapak pada lantai. Hasil pengujian sistem pengukuran detak jantung ditunjukkan pada Tabel 2.

Berdasarkan pengujian di atas didapatkan rata-rata akurasi sebesar 98,8% menggunakan persamaan (6)(7).

Tabel 2. Pengujian sistem pengukuran detak jantung

No.	AlatTA (bpm)	Oximeter (bpm)	Selisih (bpm)	Akurasi (%)
1	69	69	0	100
2	96	95	1	98,9
3	103	103	0	100
4	73	75	2	97,3
5	83	82	1	98,8
6	65	66	1	98,5
7	91	94	3	96,8
8	97	98	1	99,0
9	76	76	0	100
10	71	72	1	98,6
Rata-Rata Akurasi				98,8

Tabel 3. Pengujian sistem pengukuran tekanan darah

No.	Hasil TA		Hasil Kalibrator		Rata-Rata TA		Rata-Rata Kalibrator		Akurasi	
	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	SBP (%)	DBP (%)
1	100	56	98	59	101	56,5	98,5	60,5	98,0	94,9
	102	57	99	62	110,5	65	108	63	97,0	91,9
2	119	73	117	64	112	67,5	114	66	98,3	85,9
	105	62	111	68	105,5	61,5	108,5	68	94,6	91,2
3	106	61	106	68	113	67,5	110,5	68	100,0	89,7
	120	74	115	68	119,5	73,5	115	69,5	95,7	91,2
4	119	73	115	71	117	71,5	111	67,5	96,5	97,2
	115	70	107	64	117	71,5	111	65	92,5	90,6
5	119	73	115	66	119	73	112	68	96,5	89,4
	119	73	109	70	119	73	113	71	90,8	95,7
6	119	73	117	72	116	70	116	70	98,3	98,6
	113	67	115	68	109	63,5	108,5	65,5	98,3	98,5
7	105	60	102	63	107	62	102	63	97,1	95,2
	109	64	102	63	103	58,5	99,5	61,5	93,1	98,4
8	97	53	97	60	98,5	55	97	61	100,0	88,3
	100	57	97	62	100	57	100	64	96,9	91,9
9	100	57	103	66	99	55,5	104	62	97,1	86,4
	98	54	105	58	103	64	110,5	68	93,3	93,1
10	108	74	116	78	106,5	69,5	111	74,5	93,1	94,9
	105	65	106	71	52,5	32,5	53	35,5	99,1	91,5
Rata-Rata Akurasi SBP (%)									96,3	
Rata-Rata Akurasi DBP (%)									92,7	

Selisih yang terjadi pada pengujian sensor MAX30102 dapat disebabkan oleh adanya intervensi cahaya eksternal atau adanya pergerakan jari responden saat proses pengukuran berlangsung.

$$Error = \left[\left(\frac{|hasil\ ukur\ sensor - hasil\ oximeter|}{hasil\ oximeter} \right) \times 100\% \right] \quad (6)$$

$$Akurasi = 100\% - error \quad (7)$$

C. Pengujian Sistem Pengukuran Tekanan Darah

Pengukuran tekanan darah dilakukan sebanyak empat kali terdiri dari dua pengukuran menggunakan alat yang dirancang dan dua pengukuran menggunakan tensimeter digital. Setiap pengukuran diberikan jeda selama 5 menit. Pengukuran tekanan darah diawali dengan memasang erat manset pada lengan dengan jarak 2-3cm di atas siku. Saat proses pengukuran berlangsung posisi tubuh dalam keadaan tenang, tegak, serta kaki menapak pada lantai. Hasil pengujian sistem pengukuran tekanan darah ditunjukkan oleh Tabel 3.

Setelah melakukan pengambilan data tekanan darah sistolik dan diastolik dengan alat TA sebanyak dua kali, kemudian diambil nilai rata-ratanya. Selanjutnya pengukuran tekanan darah juga dilakukan dengan menggunakan tensimeter digital sebagai kalibrator.

Setelah didapatkan nilai rata-rata dari kedua pengukuran dapat dihitung akurasi dari alat TA yang sudah dibuat menggunakan persamaan (8)-(11). Berdasarkan persyaratan ANSI/AAMI/ISO, kesalahan yang dapat ditoleransi dari pengukuran tekanan darah adalah 10mmHg atau kurang [18]. Persyaratan lain yaitu ESH-IP menyatakan bahwa toleransi kesalahan pengukuran tekanan darah sebesar 10mmHg [19].

$$Error\ SBP = \left[\left(\frac{|rata\ SBP\ TA - rata\ SBP\ Kalibrator|}{rata\ SBP\ Kalibrator} \right) \times 100\% \right] \quad (8)$$

$$Akurasi = 100\% - error \quad (9)$$

$$Error\ DBP = \left[\left(\frac{|rata\ DBP\ TA - rata\ DBP\ Kalibrator|}{rata\ DBP\ Kalibrator} \right) \times 100\% \right] \quad (10)$$

$$Akurasi = 100\% - error \quad (11)$$

Pada pengujian yang telah dilakukan di atas didapatkan hasil bahwa nilai rata-rata akurasi SBP sebesar 96,3%. Sedangkan pada pengukuran DBP memiliki rata-rata akurasi sebesar 92,7%. Perbedaan hasil pengukuran yang terjadi dapat disebabkan oleh posisi tubuh responden yang kurang tepat, kerapatan dalam pemasangan manset, serta *obstacle* berupa lengan baju pada responden yang menghalangi pembacaan sinyal tekanan darah.

D. Pengujian Metode K-Nearest Neighbor

Pada alat yang sudah dibuat terdapat empat buah tombol yaitu *Up*, *Down*, *Back*, *Next*. Tombol *Up* digunakan agar pointer bergerak ke atas, tombol *Down* digunakan agar pointer bergerak ke bawah. Tombol *Back* berfungsi untuk membatalkan dan tombol *Next* berfungsi untuk memilih. Pengujian ini dilakukan pada 15 responden. Langkah awal untuk mengoperasikan alat TA adalah dengan memasang erat manset pada lengan dengan jarak manset dengan siku sekitar 2-3cm dengan posisi badan tegak, tenang, serta kaki menapak pada lantai.

Langkah selanjutnya adalah menekan sakelar yang terdapat pada sisi kanan box mekanik, dan alat siap dijalankan.

Pada pengujian ini membutuhkan data input berupa jenis kelamin, umur, dan status perokok. Selanjutnya dapat dilakukan pengambilan data detak jantung (*heartbeat*), kolesterol, dan tekanan darah. Data yang telah diperoleh akan diproses dengan metode K-Nearest Neighbor dan akan diperoleh hasil klasifikasi terjangkitnya penyakit jantung koroner. Gambar 8 menunjukkan tampilan LCD pengujian.

Klasifikasi penyakit jantung koroner terbagi atas tiga kategori yaitu risiko rendah, sedang, dan tinggi. Data Hasil pengujian ditunjukkan oleh Tabel 4.

Pengujian deteksi dini Penyakit Jantung Koroner (PJK) telah dilakukan pada 15 responden. Hasil klasifikasi seperti pada Tabel 4 dengan menggunakan metode K-Nearest Neighbor. Penentuan risiko PJK dilakukan dengan membandingkan informasi responden meliputi jenis kelamin, usia, status perokok, detak jantung, kolesterol dan tekanan darah sistolik terhadap 33 data *training* yang telah dipersiapkan. Data *training* status risiko rendah terjangkit penyakit jantung koroner diperoleh dengan melakukan pengukuran menggunakan alat ukur standar seperti *pulse* oximeter untuk mengukur detak jantung, tensimeter digital untuk mengukur tekanan darah, dan *Easy Touch* GCU untuk mengukur kolesterol. Sedangkan data pasien risiko sedang dan risiko tinggi terjangkit penyakit jantung koroner diperoleh dari penelitian sebelumnya mengenai pengenalan jenis penyakit jantung koroner yang telah dilakukan oleh Achmad [20]. Selanjutnya dicari jarak kedekatan dari masing-masing data, kemudian data diurutkan dan didapatkan hasil klasifikasi sesuai dengan mayoritas klasifikasi pada nilai K. Pada proses pengolahan data ini menggunakan nilai $K=5$.

Hasil pengujian dengan menggunakan metode K-Nearest Neighbor menyatakan bahwa 12 responden diklasifikasikan ke dalam kategori risiko rendah sedangkan 3 responden lainnya diklasifikasikan ke dalam kategori risiko sedang. Berdasarkan Gambar 9, terdapat grafik batang yang terdiri atas tiga nilai pengukuran. Warna biru menunjukkan hasil pengukuran detak jantung, warna kuning menunjukkan hasil pengukuran kolesterol, dan warna abu-abu menunjukkan hasil pengukuran tekanan darah sistolik. Kategori PJK ditampilkan dalam bentuk garis lurus berwarna merah, pada sisi sebelah kanan grafik



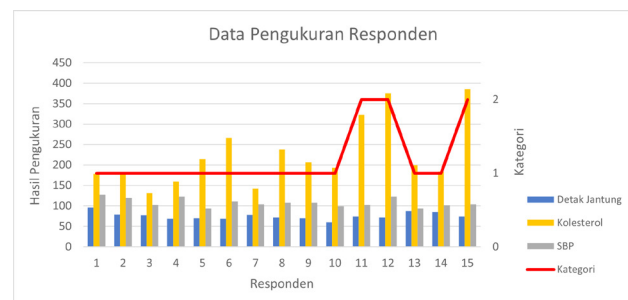
Gambar 8. Tampilan LCD

terdapat kategori 1 menyatakan risiko rendah dan kategori 2 menyatakan risiko sedang.

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa pengukuran detak jantung pada 15 responden berada dalam kondisi yang baik yaitu berkisar antara 60-100bpm. Pada pengukuran tekanan darah sistolik terhadap 15 responden, hasilnya 12 responden memiliki tekanan darah normal atau kurang dari 120mmHg dan 3 responden lainnya berada dalam kategori prehipertensi dengan rentang tekanan darah sistolik diantara 120-139mmHg. Hasil pengukuran kolesterol menunjukkan korelasi dengan terjangkitnya PJK. Hal ini dapat diamati pada data responden ke-11, 12, dan 15, tingginya kadar kolesterol meningkatkan risiko PJK dan mengakibatkan responden tergolong dalam kategori risiko sedang.

Sebagai validasi dari hasil pengukuran yang didapatkan, dilakukan perbandingan klasifikasi penyakit jantung koroner dengan metode K-Nearest Neighbor terhadap metode *Framingham Risk Score* (FRS). FRS adalah perhitungan berbasis skor yang paling banyak digunakan untuk memprediksi terjadinya penyakit jantung koroner dalam kurun waktu 10 tahun mendatang. Perhitungan menggunakan metode FRS dilakukan sebanyak dua kali oleh penulis dan dokter dan diperoleh hasil yang sama. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4, yang mana menunjukkan bahwa 9 responden dengan skor di bawah 10% memiliki kemungkinan risiko rendah terserang penyakit jantung koroner. Sedangkan 6 responden dengan skor diantara 10-20% memiliki kemungkinan risiko sedang (*intermediate*).

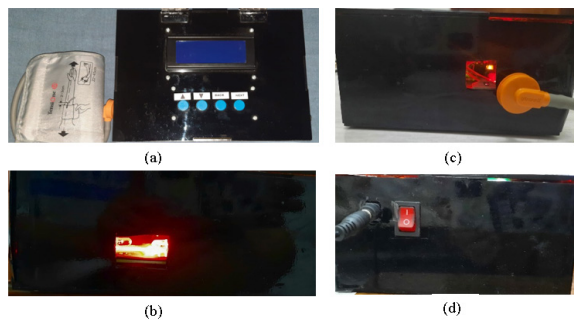
Sehingga dalam pengujian ini terdapat 3 data yang tidak sesuai antara klasifikasi menggunakan metode K-Nearest Neighbor dengan perhitungan berbasis skor menggunakan tabel FRS. Sehingga didapatkan perbedaan hasil sebesar 20%.



Gambar 9. Grafik Pengukuran Responden terhadap Kategori PJK

Tabel 4. Pengujian alat deteksi dini penyakit jantung koroner

No.	Jenis Kelamin	Usia (tahun)	Status Perokok	Detak Jantung (bpm)	Kolesterol (mg/dl)	SBP (mmhg)	FRS (%)	FRS Dokter (%)	PJK KNN	PJK FRS	Kesesuaian
1	L	22	Tidak	96	178,34	127	-5	-5	Rendah	Rendah	TRUE
2	L	24	Tidak	79	181,34	120	-5	-5	Rendah	Rendah	TRUE
3	L	27	Ya	77	130,85	103	-1	-1	Rendah	Rendah	TRUE
4	L	34	Tidak	68	159,56	123	-9	-9	Rendah	Rendah	TRUE
5	P	22	Tidak	70	214,49	94	1	1	Rendah	Rendah	TRUE
6	P	23	Tidak	68	266,12	111	4	4	Rendah	Rendah	TRUE
7	P	33	Tidak	78	142,61	104	-7	-7	Rendah	Rendah	TRUE
8	P	50	Tidak	72	238,02	108	10	10	Rendah	Sedang	FALSE
9	P	50	Tidak	70	206,76	108	10	10	Rendah	Sedang	FALSE
10	P	58	Tidak	60	193,37	99	10	10	Rendah	Sedang	FALSE
11	P	47	Tidak	74	322,71	103	13	13	Sedang	Sedang	TRUE
12	L	51	Ya	72	375,5	123	14	14	Sedang	Sedang	TRUE
13	P	40	Tidak	88	199,98	94	5	5	Rendah	Rendah	TRUE
14	L	38	Tidak	85	184,42	101	0	0	Rendah	Rendah	TRUE
15	P	53	Tidak	74	385,05	104	13	13	Sedang	Sedang	TRUE



Gambar 10. (a)Tampilan atas; (b). Tampilan depan; (c). Tampilan kiri; (d). Tampilan kanan

E. Tampilan Perangkat

Pada Gambar 10 tersebut, merupakan tampilan perangkat yang telah dirakit sesuai dengan perancangan yang telah ditentukan dan dapat dipergunakan sesuai dengan fungsi yang telah direncanakan.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan sistem yang mampu mendeteksi kondisi kesehatan jantung dengan menggunakan parameter jenis kelamin, usia, status perokok, detak jantung, kolesterol, dan tekanan darah sistolik dengan menerapkan metode K-Nearest Neighbor. Alat ini mampu mengklasifikasikan kondisi kesehatan jantung seseorang ke dalam kategori risiko rendah, sedang, dan tinggi. Dalam proses pengukuran kolesterol mencapai akurasi sebesar 97,9%, pengukuran detak jantung mencapai rata-rata akurasi sebesar 98,8%, dan pengukuran tekanan darah sistolik mencapai akurasi 96,3% dan 92,7% untuk tekanan darah diastolik. Klasifikasi penyakit jantung koroner pada 15 responden menggunakan metode K-Nearest Neighbor memiliki perbedaan sekitar 20%

dengan perhitungan menggunakan tabel *Framingham Risk Score* yang dilakukan oleh dokter.

REFERENSI

- [1] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017. [Online]. Available: <https://www.kemkes.go.id/>. [Accessed Juli 2022].
- [2] National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, "Centers for Disease Control and Prevention," 2021. [Online]. Available: https://www.cdc.gov/heartdisease/coronary_ad.htm. [Accessed 2022 July 20].
- [3] I. N. Sandi, "Hubungan antara tinggi badan, berat badan, indeks massa tubuh, dan umur terhadap frekuensi denyut nadi istirahat siswa smkn-5 denpasar," *Sport and Fitness Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 39-44, 2013.
- [4] U. Umar, S. Syarif, I. Nurtanio, and Indrabayu, "A real time non-invasive cholesterol monitoring system," in International Conference on Urban Disaster Resilience (ICUDR 2019), 2020, pp. 1-10.
- [5] A. D. Listiyana, M. Mardiana, and G. N. Prameswari, "Obesitas sentral dan kadar kolesterol darah total," *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 9, no. 1, pp. 37-43, 2013.
- [6] S. Fadilah, N. H. Rahil, and F. Lanni, "Analisis faktor yang mempengaruhi tekanan darah dan saturasi oksigen perifer (SPO2)," *Jurnal Kesehatan Kusuma Husada*, vol. 11, no.1, pp. 21-30, 2020.
- [7] I. Marhaendrajaya, E. Hidayanto, Z. Arifin, and H. Sutanto, "Desain dan realisasi alat pengukur kandungan kolesterol dalam darah non-invasive," *Youngster Physics Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 290-295, 2017.
- [8] A. J. Puspitasari, E. Endarko, and I. Fatimah, "Blood pressure monitor design using mpx5050gp pressure sensor and visual C# 2010 express," *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 15, no. 3, pp. 99-103, 2019.
- [9] L. Jahangiry, M. A. Farhangi, and F. Rezaei, "Framingham risk score for estimation of 10-years of cardiovascular diseases risk in patients with metabolic syndrome," *Journal of Health, Population and Nutrition*, vol. 36, no. 36, pp. 1-6, 2017.

- [10] T. Inoue, "Cigarette smoking as a risk factor of coronary artery disease and its effect on platelet function," *Tobacco Induced Diseases*, vol. 2, no. 1, pp. 27-33, 2004.
- [11] J. Allen, "Photoplethysmography and its application in clinical," *Physiological Measurement*, vol. 28, pp. R1-R39, 2007.
- [12] T. Tamura, Y. Maeda, M. Sekine, and M. Yoshida, "Wearable photoplethysmographic sensors-past and present," *Electronics*, vol. 3, pp. 282-302, 2014.
- [13] A. N. Qahar, *Desain Alat Ukur Denyut Jantung Dan Saturasi Oksigen Pada Anak Menggunakan Satu Sensor*, Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [14] R. Jaafar, H. M. Desa, Z. Mahmoodin, M. R. Abdullah, and Z. Zaharudin, "Noninvasive blood pressure (NIBP) measurement by oscillometric principle," in *International Conference On Instrumentation, Communication Information Technology and Biomedical Engineering*, 2011, pp. 1-6.
- [15] A. M. Argina, "Penerapan metode klasifikasi k-nearest neighbor pada dataset penderita penyakit diabetes," *Indonesian Journal of Data and Science*, vol. 1, no. 2, pp. 29-33, 2020.
- [16] M. Rivki and A. M. Bachtiar, "Implementasi algoritma k-nearest neighbor dalam pengklasifikasian follower twitter yang menggunakan bahasa Indonesia," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 13, no. 1, pp. 31-37, 2017.
- [17] A. Natoen and I. Satriawan, "Faktor-faktor demografi yang berdampak terhadap kepatuhan WP badan (UMKM) di kota Palembang," *Jurnal Riset Terapan Akuntansi*, vol. 2, no. 2, pp. 101-115, 2018.
- [18] American National Standards Institute, *Non-invasive sphygmomanometers - Part 2: Clinical investigation of automated measurement type*, 2013.
- [19] O. Eoina, N. Atkine, G. Stergiou, N. Karpeltas, G. Parati, and R. Asmar, "European Society of Hypertension International Protocol revision 2010 for the validation of blood pressure measuring devices in adults," *Blood pressure monitoring*, vol. 15, pp. 23-38, 2010.
- [20] A. Syayyid, *Aplikasi Pengenalan Jenis Penyakit Jantung Koroner Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.